



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 380 723 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**14.01.2004 Patentblatt 2004/03**

(51) Int Cl.7: **F01D 5/08**

(21) Anmeldenummer: **02015281.5**

(22) Anmeldetag: **09.07.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

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

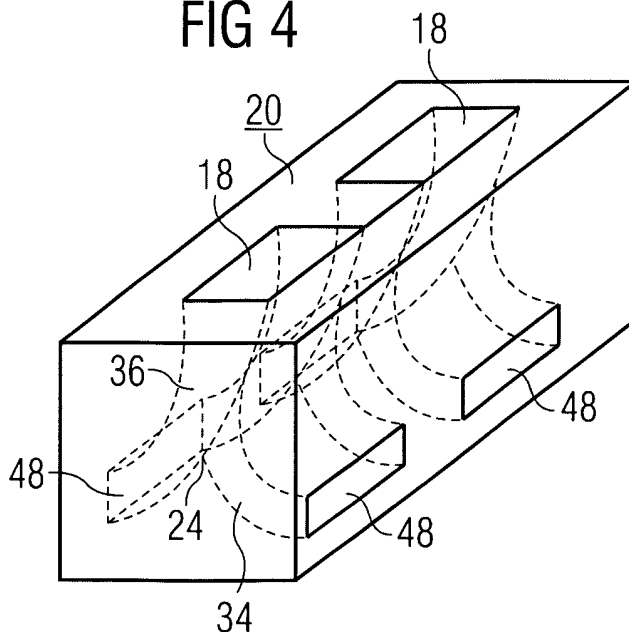
(72) Erfinder: **Tiemann, Peter  
58452 Witten (DE)**

(54) **Kühlverfahren und Preswirler für Turbinenschaufeln sowie Turbine mit einem solchen Preswirler**

(57) Es wird ein Verfahren zum Kühlen von an einem drehbar gelagerten Rotor (30) einer Turbine befestigten Laufschaufeln (26,28) mittels eines Kühlfluids vorgestellt, wobei eine Versorgung von Turbinenlauf-schaufeln (26,28) mit Kühlfluid geschaffen wird, mit der eine Modellierbarkeit der Strömung erreicht werden kann. Dazu wird ein Preswirler (20) vorgeschlagen, der

kopfseitig an Leitschaufeln (42) angeordnet eine Kühlfluidführung zur der der Leitschaufel vorgeordneten und der der Leitschaufel nachgeordneten Laufschaufel (26,28) ermöglicht, ohne einer Richtungsumkehrung der Kühlfluidströmung zu bedürfen. Weiterhin erfolgt vorteilhaft eine Beschleunigung des Kühlfluids. Ferner wird eine verfahrensgemäß gekühlte Turbine sowie ein Preswirler zum Einsatz in der Turbine vorgeschlagen.

**FIG 4**



**EP 1 380 723 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kühlen von an einem drehbar gelagerten Rotor einer Turbine befestigten Laufschaufeln mittels eines Kühlfluids. Die Erfindung betrifft ferner eine Turbine, die erfindungsgemäß kühlbar ist und einen Preswirler zum Einsatz in eine erfindungsgemäß kühlbare Turbine.

**[0002]** Grundsätzlich werden Turbinen eingesetzt, um Energie aus einem die Turbine durchströmenden Fluid in eine mechanische Energie, insbesondere in eine Rotationsenergie, zu überführen. So werden beispielsweise Axialturbinen verwendet, um aus einem heißen Gas mechanische Energie zu gewinnen. Solche Turbinen werden als Gasturbinen bezeichnet. Zur Überführung der Energie weist die Turbine in ihrem Strömungskanal eine Anordnung aus Lauf- und Leitschaufeln auf. Aufgrund der direkten Einwirkung des Gases auf die Leit- und Laufschaufeln sind diese, insbesondere bei hohen Gastemperaturen, gekühlt. Dazu weisen die Leit- und Laufschaufeln jeweils ein Kanalsystem auf, welches von einem Kühlfluid durchströmbar ist. Im Stand der Technik wird das Kühlmittel den Leitschaufeln in bekannter Weise zugeführt. Das Kühlfluid für die auf einem drehbar gelagerten Rotor angeordneten Laufschaufeln wird an einem axialen Ende am Rotor zugeführt und über ein im Rotor angeordnetes Kanalsystem zu den entsprechenden Laufschaufeln geleitet.

**[0003]** Nachteilig bei diesem Stand der Technik ist jedoch, dass bei dieser Ausgestaltung der Kühlung der Laufschaufeln eine Modellierbarkeit der Strömung nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. Durch eine entsprechende Modellierbarkeit der Strömung könnte jedoch ein Wirkungsgradvorteil erreicht werden. Darüber hinaus behindert diese Zuführung des Kühlfluids die Verwendung dieses axialen Wellenendes zum Anschluss weiterer Vorrichtungen und/oder Maschinen.

**[0004]** Daraus ergibt sich die technische Aufgabe, eine Versorgung von Turbinenlaufschaufeln mit Kühlfluid zu schaffen, mit der eine Modellierbarkeit der Strömung erreichbar ist.

**[0005]** Als Lösung der Aufgabe wird mit der Erfindung ein Verfahren zum Kühlen von an einer drehbar gelagerten Rotorwelle einer Turbine befestigten Laufschaufeln mittels eines in den Laufschaufeln vorgesehene Kühlkanäle durchströmenden Kühlfluids vorgeschlagen, welches von einer Kühlfluidquelle mittels in den Leitschaufeln der Turbine vorgesehenen Kanälen zu kopfseitig an den Leitschaufeln vorgesehenen Preswirllern geleitet und mittels der Preswirler in eine bezogen auf die Laufschaufeln radiale und bezogen auf die Strömungsrichtung der Turbine gleiche Richtung beschleunigt und in die den Austrittsöffnungen der Preswirler gegenüberliegend angeordneten Öffnungen der Rotorwelle und weiter in die Kühlkanäle der Laufschaufeln hineinströmt, wobei das Kühlfluid mittels der Preswirler auch gegen die Strömungsrichtung der Turbine beschleunigt wird.

**[0006]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann erstmals erreicht werden, dass die Laufschaufeln bedarfsgerecht über die Leitschaufeln mit Kühlfluid versorgt werden, und zwar sind sowohl in Strömungsrichtung der Turbine den Leitschaufeln vorgeordnete als auch nachgeordnete Laufschaufeln mit Kühlfluid versorgbar. Günstigerweise ergibt sich durch diese Führung des Kühlfluids ein positives Strömungsverhalten dessen. Eine Zuführung von Kühlfluid über ein axiales Ende der Rotorwelle kann vermieden werden. Es kann beispielsweise die Versorgung mit Kühlfluid gemäß einer Anordnung der Laufschaufeln in Strömungsrichtung der Turbine angepasst vorgegeben sein, oder es kann die Kühlung entsprechend eines Leistungszustands eingestellt werden. Ferner kann eine Kühlfluidversorgung eines Laufschaufelrades am Gaseintritt der Turbine gegenüber einer Laufschaufelanordnung am Gasaustritt der Turbine forciert sein. Auch kann eine Kühlfluidversorgung so angepasst werden, dass ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird. Darüber hinaus kann erreicht werden, dass beide Wellenenden zum Anschluss weiterer rotierender Maschinen und/oder Getriebe zur Verfügung stehen.

**[0007]** Die Kühlung der Laufschaufeln kann jedoch auch so eingestellt werden, dass die Laufschaufeln unabhängig von ihrer Position bezogen auf die Strömungsrichtung innerhalb der Lauf- und Leitschaufelanordnung thermisch gleichmäßig belastet werden.

**[0008]** Das in Strömungsrichtung der Turbine und das gegen die Strömungsrichtung der Turbine beschleunigte Kühlfluid strömt jeweils über Austrittsöffnungen der Preswirler in gegenüberliegende Eintrittsöffnungen der Rotorwelle hinein. Es kann somit vorteilhaft eine entsprechende Trennung der beiden bezogen auf die Strömungsrichtung der Turbine entgegengesetzt beschleunigten Kühlfluidströme erreicht werden, und zwar strömt gegen die Strömungsrichtung beschleunigtes Kühlfluid in Öffnungen der Kühlkanäle von in Strömungsrichtung vorgelagerten Laufschaufeln, während in Strömungsrichtung beschleunigtes Kühlfluid in Öffnungen von nachgelagerten Laufschaufeln hineinströmt. Vorteilhaft kann eine Trennung der Kühlfluidströme erreicht werden.

**[0009]** Weiterhin wird vorgeschlagen, dass das gegen die Strömungsrichtung der Turbine beschleunigte Kühlfluid zu Kühlkanälen von in Strömungsrichtung vorgeordneten Laufschaufeln und das in die Strömungsrichtung der Turbine beschleunigte Kühlfluid zu Kühlkanälen von in Strömungsrichtung nachgeordneten Laufschaufeln geführt wird. So kann vorteilhaft eine Trennung der Kühlfluidströme auf einfache Weise erreicht werden, ohne dass weitere Beschleunigungen oder Umlenkungen der Strömung des Kühlfluids erforderlich sind.

**[0010]** Vorteilhafterweise wird des weiteren vorgeschlagen, dass das in Strömungsrichtung der Turbine und das gegen die Strömungsrichtung der Turbine beschleunigte Kühlfluid zusätzlich tangential zur Drehrich-

tung des Rotors und in dessen Drehrichtung beschleunigt wird. Der Kühlfluidstrom weist somit beim Verlassen der feststehenden Kühlmittelführungselemente eine auf die Drehrichtung des Rotors bezogene tangentiale Geschwindigkeitskomponente auf, die den Übergang zu den auf der Rotorwelle angeordneten rotierenden Kühlmittelöffnungen vorteilhaft erleichtert.

**[0011]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird das Kühlfluid durch die Preswirler tangential zur Drehrichtung des Rotors und dessen Drehrichtung beschleunigt. Vorteilhafterweise erfolgt die tangentiale Beschleunigung des Kühlfluids im Übergang von den feststehenden Kühlmittelführungselementen, den kopfseitig an den Leitschaufeln angeordneten Preswirlern, zu den rotierenden Bestandteilen der Turbine.

**[0012]** Es wird ferner vorgeschlagen, dass das Kühlfluid von den Preswirlern wechselweise zu in Strömungsrichtung vorgeordneten Laufschaufeln und zu in Strömungsrichtung nachgeordneten Laufschaufeln strömt. Gegenseitige Beeinflussungen der Kühlfluidströme können reduziert werden. Das Kühlfluid kann zum Beispiel mittels einer besonderen Kanalanordnung in Richtung der entsprechenden Öffnungen der Kühlkanäle der Laufschaufeln geführt werden. Eine unterschiedliche bedarfsgerechte Kühlung von in Strömungsrichtung fortschreitend angeordneten Laufschaufeln kann erreicht werden. So kann das Kühlfluid jedem Bereich der Laufschaufeln unabhängig von der relativen Position in Strömungsrichtung zu den Leitschaufeln zugeführt werden. Die Beschleunigung kann zum Beispiel durch eine geeignete Ausgestaltung der Kanäle erreicht werden.

**[0013]** Daneben wird vorgeschlagen, dass das Kühlfluid von den Preswirlern jeweils zugleich zu in Strömungsrichtung vor- und nachgeordneten Laufschaufeln strömt. Vorteilhaft kann eine große Homogenität bei der Versorgung mit den Laufschaufeln mit Kühlfluid erreicht werden. Dazu kann die Strömung des Kühlfluids geteilt werden, wobei die Teilströme jeweils zu den vor- beziehungsweise nachgeordneten Laufschaufeln strömen.

**[0014]** Weiterhin wird vorgeschlagen, dass das Kühlfluid in der Rotorwelle in radialer Richtung beschleunigt wird. So kann das Kühlfluid vorteilhaft jedem Bereich der Laufschaufeln zugeführt werden, auch Randbereiche, die nur über lange Kapillarkanäle mit Kühlfluid versorgt werden können. Die Beschleunigung kann z. B. durch eine geeignete Kanalführung erreicht werden.

**[0015]** In einer vorteilhaften Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass zwischen dem in den Preswirler einströmenden und dem aus dem Preswirler herausströmenden Kühlfluid eine Temperaturdifferenz und/oder eine Druckdifferenz erzeugt wird. Vorteilhaft kann beispielsweise die Versorgung der in Strömungsrichtung vor- und nachgeordneten Laufschaufeln unterschiedlich eingestellt werden. So kann für eine Versorgung von vorgeordneten Laufschaufeln eine Temperaturerniedrigung erreicht werden (Overswirl), während zugleich für eine Versorgung von nachgeordneten Laufschaufeln ei-

ne Druckerhöhung erreicht werden kann (Underswirl).

**[0016]** Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass Luft als Kühlfluid verwendet wird. Luft kann kostengünstig bereitgestellt werden, wobei bekannte Mittel zum Aufbau einer Kühlluftversorgung eingesetzt werden können. Daneben können jedoch auch andere Stoffe, insbesondere inerte Gase wie Helium, aber auch Gase wie Kohlendioxid, Stickstoff, oder Gasgemische davon und dergleichen, verwendet werden. So kann beispielsweise erreicht werden, dass das Kühlfluid mit dem Prozessgas nicht reagiert, oder dass das Kühlmittel einen Schutzfilm bildet, der neben einem thermischen Schutz für die Schaufel auch einen Schutz vor Korrosion bildet.

**[0017]** Mit der Erfindung wird ferner eine Turbine, insbesondere Gasturbine, mit an einer drehbar gelagerten Rotorwelle angeordneten Laufschaufeln und mit einem Gehäuse der Turbine verbundenen Leitschaufeln vorgeschlagen, die von einem Kühlfluid durchströmbare Kanäle aufweisen, wobei an den Leitschaufeln kopfseitig Preswirler angeordnet sind, mittels derer das Kühlfluid in eine bezogen auf die Laufschaufeln radiale und bezogen auf die Strömungsrichtung der Turbine gleiche Richtung beschleunigbar ist und die Austrittsöffnungen aufweisen, denen gegenüberliegend mit Kühlkanälen der Laufschaufeln verbundene Eintrittsöffnungen angeordnet sind, wobei die Preswirler eine Kanalanordnung aufweisen, mittels derer das Kühlfluid auch gegen die Strömungsrichtung der Turbine beschleunigbar ist. Eine an einem axialen Ende der Rotorwelle vorgesehene Kühlfluidzufuhr kann eingespart werden. Darüber hinaus kann erreicht werden, dass eine Kühlfluidzufuhr entsprechend einer thermischen Belastung vorgebar ist, wobei die in Strömungsrichtung versetzten Laufschaufelräder unabhängig voneinander mit Kühlfluid versorgbar sind. Vorteilhaft ist eine Modellierbarkeit der Kühlfluidströmung erreichbar.

**[0018]** Es wird ferner vorgeschlagen, dass das in und gegen die Strömungsrichtung beschleunigte Kühlfluid entsprechend seiner Richtung über eine in der Rotorwelle vorgesehene Kanalanordnung jeweils dem in Strömungsrichtung vor- beziehungsweise nachgeordneten Laufschaufeln zuführbar ist. So kann eine gleichmäßige Versorgung der Laufschaufeln mit Kühlfluid von der Rotorwelle aus erreicht werden. Beispielsweise kann die Versorgung der Laufschaufeln mit Kühlfluid entsprechend ihrer thermischen Belastung vorgegeben sein. Bei einem geringen Leistungsdurchsatz durch die Turbine kann auf diese Weise immer noch eine erforderliche Mindestkühlung bei zugleich hohem Wirkungsgrad der Turbine erreicht werden.

**[0019]** In einer vorteilhaften Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass die Rotorwelle ein Kanalsystem zur Beschleunigung des Kühlfluids in radialer Richtung der Rotorwelle aufweist. So kann eine gute Kühlung auch in Randbereichen einzelner Laufschaufeln erreicht werden. Auch kann eine Reduzierung der Kanalquerschnitte erreicht werden. Dies ist insbesondere für die Kühlung dünnwandiger Bereiche der Laufschaufeln vorteil-

haft, da eine höhere Stabilität erreichbar ist.

**[0020]** In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Kanalsystem der Rotorwelle zur Beschleunigung des Kühlfluids in und/oder gegen die Strömungsrichtung der Turbine ausgebildet ist. Eine Unterstützung der Kühlfluidströmung zur Führung an jede zu kühlende Stelle der Laufschaufeln kann erreicht werden. Es kann beispielsweise erreicht werden, dass das Kühlfluid gleichzeitig von in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Leitschaufeln zu dazwischen angeordneten Laufschaufeln geleitet wird, um eine hohe Versorgung mit Kühlfluid zu erreichen. Günstigerweise ergibt sich durch diese Führung des Kühlfluids ein positives Strömungsverhalten dessen. Es kann aber auch zum Beispiel eine Versorgung von am Gaseintritt der Turbine angeordneten Laufschaufeln durch mehrere in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Leitschaufeln erreicht werden, wenn eine entsprechende Menge an Kühlfluid erforderlich ist.

**[0021]** Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass zwischen dem Preswirler und der Rotorwelle ein Dichtungselement angeordnet ist. Vorteilhaft ist das Dichtungselement derart angeordnet, dass am Kühlfluidauslass vor und nach dem Preswirler in Strömungsrichtung verschiedene Temperatur- und Druckzustände erreicht werden können. Ausgleichströmungen können weitgehend vermieden werden. Das Dichtungselement kann zum Beispiel durch eine Labyrinthdichtung oder auch durch eine elastische, schleifende Dichtung gebildet sein.

**[0022]** Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass das Dichtungselement am Preswirler befestigt ist. Belastungen des Dichtungselements aufgrund einer Rotation können so vermieden werden. Ferner kann ein Einfluss auf Rotationseigenschaften der Rotorwelle wie Trägheitsmoment, Unwucht und dergleichen vermieden werden. Daneben kann jedoch das Dichtungselement an der Rotorwelle angeordnet sein, um zum Beispiel eine einfache Ausgestaltung und Befestigungsmöglichkeit des Dichtungselements zu schaffen. So kann das Dichtungselement umfänglich auf der Rotorwellenoberfläche angeordnet sein.

**[0023]** Mit der Erfindung wird ferner ein Preswirler zur Verwendung in einer Turbine zur Anordnung auf einer von einem Kühlfluid durchströmbaren Leitschaufel mit einer Kanalanordnung vorgeschlagen, die eingangsseitig mit einer Austrittsöffnung der Leitschaufel für das Kühlfluid verbindbar ist, und ausgangsseitig in einer Austrittsöffnung mündet, der gegenüberliegend Eintrittsöffnungen der Kühlkanäle der Laufschaufeln angeordnet sind, wobei durch die Kanalanordnung das Kühlfluid in eine bezogen auf die Laufschaufeln radiale und bezogen auf die Strömungsrichtung der Turbine gleiche Richtung beschleunigbar ist, wobei die Kanalanordnung zur Beschleunigung des Kühlfluids auch für eine Beschleunigung gegen die Strömungsrichtung der Turbine vorgesehen ist. Der Preswirler kann eine einfache Möglichkeit zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfah-

rens schaffen, insbesondere wenn Preswirler bereits Bestandteil der Turbine sind. In diesem Fall kann die erfindungsgemäße Funktion durch Vorsehen einer entsprechenden Kanalanordnung realisiert werden, ohne dass zusätzliche Bauteile benötigt werden.

**[0024]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass benachbarte Eintrittsöffnungen der Preswirler wechselweise mit Kanälen der Kanalanordnung verbunden sind, mittels derer das Kühlfluid in und gegen die Strömungsrichtung der Turbine beschleunigbar ist. Vorteilhaft wird von den Leitschaufeln zugeführtes Kühlfluid abwechselnd den in Strömungsrichtung vor- bzw. nachgelagerten Laufschaufeln zugeführt. Eine weitere Reduzierung von gegenseitigen Beeinflussungen ist erreichbar.

**[0025]** Es kann aber auch gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung vorgesehen sein, dass die Kanalanordnung der Preswirler Gabelungen aufweist, mittels derer das Kühlfluid in und gegen die Strömungsrichtung der Turbine beschleunigbar ist. So kann beispielsweise der Aufwand für die Kanalanordnung reduziert sein, und zwar wenn in Strömungsrichtung des Kühlfluids vor der Gabelung ein gemeinsamer Beschleunigungskanal vorgesehen ist, der eine Beschleunigung radial bezogen auf die Laufschaufel bewirkt. Der jeweilige auf die Gabelung folgende Abschnitt der Kanalanordnung bewirkt die entsprechenden Beschleunigungen in beziehungsweise gegen die Strömungsrichtung der Turbine.

**[0026]** Vorteilhafterweise wird des weiteren vorgeschlagen, dass die Kanalanordnung der Preswirler derart gestaltet ist, dass das Kühlfluid zusätzlich tangential zur Drehrichtung des Rotors und in dessen Drehrichtung beschleunigbar ist. Der Kühlfluidstrom weist somit beim Verlassen des feststehenden Preswirlers eine auf die Drehrichtung des Rotors bezogene tangentielle Geschwindigkeitskomponente auf, die den Übergang zu den auf der Rotorwelle angeordneten rotierenden Kühlmittelöffnungen vorteilhaft erleichtert. Die Richtung der tangentialen Geschwindigkeitskomponente des Kühlfluids entspricht die der Drehbewegung des Rotors.

**[0027]** Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass das kopfseitige Ende des Preswirlers eine Aufnahme für ein Dichtungselement aufweist. Vorteilhaft kann das Dichtungselement mit dem Preswirler verbunden werden. Ferner kann ein Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Rotorwelle weitgehend vermieden werden. Die Aufnahme kann durch eine Ausnehmung wie eine Nut gebildet sein, in der ein Befestigungsende des Dichtungselements fixierbar angeordnet ist.

**[0028]** Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung sind der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen zu entnehmen. Im wesentlichen gleichbleibende Bauteile sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Ferner wird bezüglich gleicher Merkmale und Funktionen auf die Beschreibung des Ausführungsbeispiels in Fig. 1 verwiesen.

**[0029]** Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild, welches prinzipiell den Kühlfluidstrom darstellt,

Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt durch eine Gasturbine mit einer erfindungsgemäßen Kühlfluidversorgung,

Fig. 3 eine Ausschnittsdarstellung der mit Öffnungen versehenen Oberflächenschicht des Rotors der Turbine in einer alternierenden Version und

Fig. 4 einen Ausschnitt aus der Rotoroberfläche mit Öffnungen für eine gabelnde Version.

Fig. 5 einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt durch eine Gasturbine mit einer erfindungsgemäßen Kühlfluidversorgung und einem auf einem Preswirlers angeordnetem Sichtungselement.

**[0030]** Fig. 1 zeigt ein Schaltbild eines schematischen Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens. In dieser Ausgestaltung wird als Kühlfluid Luft verwendet, die aus einem Behälter 10 über eine Kanalanordnung 40 der Turbine zugeführt wird. Verfahrensgemäß werden an einer drehbar gelagerten Rotorwelle 30 der Turbine befestigte Laufschaufeln 26, 28 mittels der in den Laufschaufeln 26, 28 vorgesehene Kühlkanäle 44 durchströmenden Kühlluft gekühlt, welche von der Kühlluftquelle 10 mittels in den Leitschaufeln 42 der Turbine vorgesehenen Kanälen 14 zu kopfseitig an den Leitschaufeln 42 vorgesehenen Preswirllern 20 geleitet wird. Mittels der Preswirler 20 wird die Kühlluft in eine bezogen auf die Laufschaufeln 26, 28 radiale und bezogen auf die Strömungsrichtung 46 der Turbine gleiche Richtung beschleunigt und strömt in die Austrittsöffnungen 48 der Preswirler 20 gegenüberliegend angeordneten Öffnungen 50 der Kühlkanäle der Laufschaufeln 26, 28 hinein. Die Kühlluft wird erfindungsgemäß mittels der Preswirler 20 auch gegen die Strömungsrichtung 48 der Turbine beschleunigt. Für die in Strömungsrichtung 46 der Turbine und die gegen die Strömungsrichtung 46 der Turbine beschleunigte Kühlluft sind jeweils separate Austrittsöffnungen 48 der Preswirler 20 und diesen gegenüberliegende Eintrittsöffnungen 50 der Rotorwelle 30 vorgesehen. Die gegen die Strömungsrichtung 46 der Turbine beschleunigte Kühlluft strömt zu Kühlkanälen von in Strömungsrichtung 46 vorgeordneten Laufschaufeln 26, während die in Strömungsrichtung 46 der Turbine beschleunigte Kühlluft zu Kühlkanälen von in Strömungsrichtung 46 nachgeordneten Laufschaufeln 28 strömt. In dieser Ausgestaltung strömt die Kühlluft von den Preswirllern 20 jeweils zugleich zu in Strömungsrichtung 46 vor- und nachgeordneten Laufschaufeln 26, 28. Dazu weisen die Preswirler 20 Gabelungen 24 auf, an denen sich die Kühlluft auf die Kanäle 34, 36 der Preswirler 20 verteilt. Die Kanäle 34, 36 münden jeweils an Öffnungen 48, denen rotorwellenseitig die Öffnungen 50 gegenüberliegend angeordnet sind.

**[0031]** Mittels der Preswirler 20 wird die Kühlluft bezogen auf die Laufschaufeln 26, 28 in radialer Richtung beschleunigt. Von den Gabelungen 24 ausgehend wird durch die Kanäle 34, 36 jeweils eine zusätzliche Beschleunigung der Kühlluft in bzw. gegen die Strömungsrichtung 46 der Turbine bewirkt. Sodann strömt die Kühlluft in ein Kanalsystem 44 der Laufschaufeln 26, 28 hinein. Die Kühlluft durchströmt die in den Laufschaufeln 26, 28 vorgesehenen Kanäle 44, die an nicht weiter dargestellten Austrittsöffnungen der Laufschaufeln 26, 28 münden, an denen die Kühlluft ausströmt.

**[0032]** Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt eines Preswirlers 20 in der gabelnden Version. Eingangsseitig sind die Öffnungen 18 vorgesehen, über die die Kühlluft von den Leitschaufeln 42 zugeführt wird. Über jeweils einen Kanal ist jede Öffnung 18 mit jeweils einer Gabelung 24 verbunden. Von den Gabelungen 24 aus erstrecken sich jeweils zwei Kanäle 34, 36 die an Austrittsöffnungen 48 der Preswirler 20 münden.

**[0033]** In einer alternativen Ausgestaltung eines Preswirlers 20 zeigt Fig. 3 einen Ausschnitt, bei dem die Kühlluft wechselweise zu in Strömungsrichtung 46 vorgeordneten Leitschaufeln 26 und zu in Strömungsrichtung 46 nachgeordneten Laufschaufeln 28 strömt. Dazu sind die Eintrittsöffnungen 18 der Preswirler 20 wechselweise über Kanäle 52 mit Austrittsöffnungen 48 verbunden, wobei die Kanäle 52 abwechselnd eine Beschleunigung der Kühlluft in bzw. gegen die Strömungsrichtung 46 der Turbine bewirken.

**[0034]** Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt eines Längsschnitts einer erfindungsgemäßen Turbine. An einem Gehäuse 32 der Turbine ist die Kanalanordnung 40 angeschlossen, die mit den Kanälen 14 der Leitschaufeln 42 verbunden ist. Die Kanäle 14 der Leitschaufeln 42 münden kopfseitig an Öffnungen 16. Gegenüberliegend sind die Öffnungen 18 der an den Leitschaufeln 42 angeordneten Preswirler 20 vorgesehen, die Kanalsysteme gemäß Fig. 3 aufweisen. Die Preswirler 20 bewirken, wie zuvor beschrieben, eine entsprechende Beschleunigung der Kühlluft, so dass diese über die Austrittsöffnungen 48 und die mit den Eintrittsöffnungen 50 verbundenen Kanäle 44 der Laufschaufeln 26, 28 strömt.

**[0035]** Es wird somit erreicht, dass die Kühlluft über die Leitschaufeln 42 der Turbine zuführbar ist, wobei über die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Preswirler 20 die zugeführte Luft auf die vor- bzw. nachgeordneten Laufschaufeln 26, 28 bezogen auf die jeweilige Leitschaufel 42 verteilt wird. Über hier nicht dargestellte Drosselungen und eine Regelung der Pumpe 12 kann eine bedarfsgerechte, für die einzelnen Stufen unabhängige Kühlfluidversorgung erreicht werden.

**[0036]** Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt durch eine Gasturbine mit Kühlfluidversorgung wie in Fig. 2, wobei im Unterschied zur Ausgestaltung in Fig. 2 hier ein am kopfseitigen Ende des Preswirlers vorgesehenes Dichtungselement 54 angeordnet ist. Das Dichtungselement 54 bewirkt rotorwellenseitig eine

strömungstechnische Trennung des zu den vorgeordneten Laufschaufeln 26 strömenden Kühlfluids vom zu den nachgeordneten Laufschaufeln 28 strömenden Kühlfluid. In dieser Ausgestaltung weist das zu den vorgeordneten Laufschaufeln 26 strömende Kühlfluid eine geringere Temperatur als das zu den nachgeordneten Laufschaufeln 28 strömenden Kühlfluid auf. Dagegen weist das zu den nachgeordneten Laufschaufeln 28 strömende Kühlfluid einen höheren Druck auf. So kann eine bedarfsgerecht angepasste Kühlfluidversorgung der Laufschaufeln 26, 28 erreicht werden. Hinsichtlich der weiteren Funktion wird auf das Ausführungsbeispiel zu Fig. 2 verwiesen.

**[0037]** Die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele dienen lediglich der Erläuterung der Erfindung und sind für diese nicht beschränkend. So können insbesondere einzelne Verfahrensschritte, wie das verwendete Kühlfluid oder die Beschleunigungsrichtungen als auch Bauteile der Turbinen usw., variieren.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Kühlen von an einer drehbar gelagerten Rotorwelle (30) einer Turbine befestigten Laufschaufeln (26, 28) mittels eines in den Laufschaufeln (26, 28) vorgesehene Kühlkanäle (44) durchströmenden Kühlfluids, welches von einer Kühlfluidquelle (10) mittels in den Leitschaufeln (42) der Turbine vorgesehenen Kanälen (14) zu kopfseitig an den Leitschaufeln (42) vorgesehenen Preswirllern (20) geleitet und mittels der Preswirler (20) in eine bezogen auf die Laufschaufeln (26, 28) radiale und bezogen auf die Strömungsrichtung (46) der Turbine gleiche Richtung beschleunigt und in die den Austrittsöffnungen (48) der Preswirler (20) gegenüberliegend angeordneten Öffnungen (50) der Rotorwelle (30) und weiter in die Kühlkanäle (44) der Laufschaufeln (26, 28) hineinströmt, wobei das Kühlfluid mittels der Preswirler (20) auch gegen die Strömungsrichtung (46) der Turbine beschleunigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gegen die Strömungsrichtung (46) beschleunigte Kühlfluid der Turbine zu Kühlkanälen (44) von in Strömungsrichtung vorgeordneten Laufschaufeln (26) und das in die Strömungsrichtung (46) der Turbine beschleunigte Kühlfluid zu Kühlkanälen von in Strömungsrichtung (46) nachgeordneten Laufschaufeln (28) geführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das in Strömungsrichtung (46) der Turbine und das gegen die Strömungsrichtung (46) der Turbine beschleunigte Kühlfluid zusätzlich tangential zur

Drehrichtung des Rotors und in dessen Drehrichtung beschleunigt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlfluid durch die Preswirler (20) tangential zur Drehrichtung des Rotors und in dessen Drehrichtung beschleunigt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlfluid von den Preswirllern (20) wechselweise zu in Strömungsrichtung (46) vorgeordneten Laufschaufeln (26) und zu in Strömungsrichtung (46) nachgeordneten Laufschaufeln (28) strömt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlfluid von den Preswirllern (20) jeweils zugleich zu in Strömungsrichtung (46) vor- und nachgeordneten Laufschaufeln (26, 28) strömt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlfluid in der Rotorwelle (30) in radialer Richtung beschleunigt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem in den Preswirler (20) einströmenden und dem aus dem Preswirler herausströmenden Kühlfluid eine Temperaturdifferenz und/oder eine Druckdifferenz erzeugt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kühlfluid Luft verwendet wird.
10. Turbine mit an einer drehbar gelagerten Rotorwelle (30) angeordneten Laufschaufeln (26, 28) und mit einem Gehäuse (32) der Turbine verbundenen Laufschaufeln (42), die von einem Kühlfluid durchströmbar Kanäle (14) aufweisen, wobei an den Laufschaufeln (42) kopfseitig Preswirler (20) angeordnet sind, mittels derer das Kühlfluid in eine bezogen auf die Laufschaufeln (26, 28) radiale und bezogen auf die Strömungsrichtung (46) der Turbine gleiche Richtung beschleunigbar ist und die Austrittsöffnungen (48) aufweisen, denen gegenüberliegend mit Kühlkanälen (44) der Laufschaufeln (26, 28) verbundene Eintrittsöffnungen (50) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Preswirler (20) eine Kanalanordnung (22, 34, 36, 52) aufweisen, mittels derer das Kühlfluid auch gegen die Strömungsrichtung (46) der Turbine beschleunigbar ist.
11. Turbine nach Anspruch 10,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das in und gegen die Strömungsrichtung (46) beschleunigte Kühlfluid entsprechend seiner Richtung über eine in der Rotorwelle (30) vorgesehene Kanalanordnung jeweils dem in Strömungsrichtung (46) vor- beziehungsweise nachgeordneten Laufschaufeln (26, 28) zuführbar ist.

12. Turbine nach einem der Ansprüche 10 oder 11,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Rotorwelle (30) ein Kanalsystem zur Beschleunigung des Kühlfluids in radialer Richtung der Rotorwelle (30) aufweist.

13. Turbine nach einem der Ansprüche 10 bis 12,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Kanalsystem der Rotorwelle (30) zur Beschleunigung des Kühlfluids in und/oder gegen die Strömungsrichtung (46) der Turbine ausgebildet ist.

14. Turbine nach einem der Ansprüche 10 bis 13,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

zwischen dem Preswirler (20) und der Rotorwelle (30) ein Dichtungselement (54) angeordnet ist.

15. Turbine nach Anspruch 14,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Dichtungselement (54) am Preswirler (20) befestigt ist.

16. Preswirler (20) zur Verwendung in einer Turbine nach einem der Ansprüche 11 bis 15 zur Anordnung auf einer von einem Kühlfluid durchströmbar

Leitschaufel (42) mit einer Kanalanordnung (14), die eingangsseitig mit einer Austrittsöffnung (16) der Leitschaufel (42) für das Kühlfluid verbindbar ist, und ausgangsseitig in einer Austrittsöffnung (48) mündet, der gegenüberliegend Eintrittsöffnungen (50) der Kühlkanäle (44) der Laufschaufeln (26, 28) angeordnet sind, wobei durch die Kanalanordnung (22, 34, 36, 52) das Kühlfluid in eine bezogen auf die Laufschaufeln (26, 28) radiale und bezogen auf die Strömungsrichtung (46) der Turbine gleiche Richtung beschleunigbar ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Kanalanordnung (22, 34, 36, 52) zur Beschleunigung des Kühlfluids auch für eine Beschleunigung gegen die Strömungsrichtung (46) der Turbine vorgesehen ist.

17. Preswirler nach Anspruch 16,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

benachbarte Eintrittsöffnungen (18) der Preswirler (20) wechselweise mit Kanälen (52) der Kanalanordnung verbunden sind, mittels derer das Kühlfluid in und gegen die Strömungsrichtung (46) der Turbine beschleunigbar ist.

18. Preswirler nach Anspruch 16 oder 17,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Kanalanordnung (22, 34, 36, 52) der Preswirler (20) Gabelungen (24) aufweist, mittels derer das Kühlfluid in und gegen die Strömungsrichtung (46) der Turbine beschleunigbar ist.

19. Preswirler nach Anspruch 16 bis 18,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Kanalanordnung (22, 34, 36, 52) der Preswirler (20) derart gestaltet ist, dass das Kühlfluid zusätzlich tangential zur Drehrichtung des Rotors und in dessen Drehrichtung beschleunigbar ist.

20. Preswirler nach einem der Ansprüche 16 bis 19,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das kopfseitige Ende des Preswirlers (20) eine Aufnahme für ein Dichtungselement (54) aufweist.

FIG 1

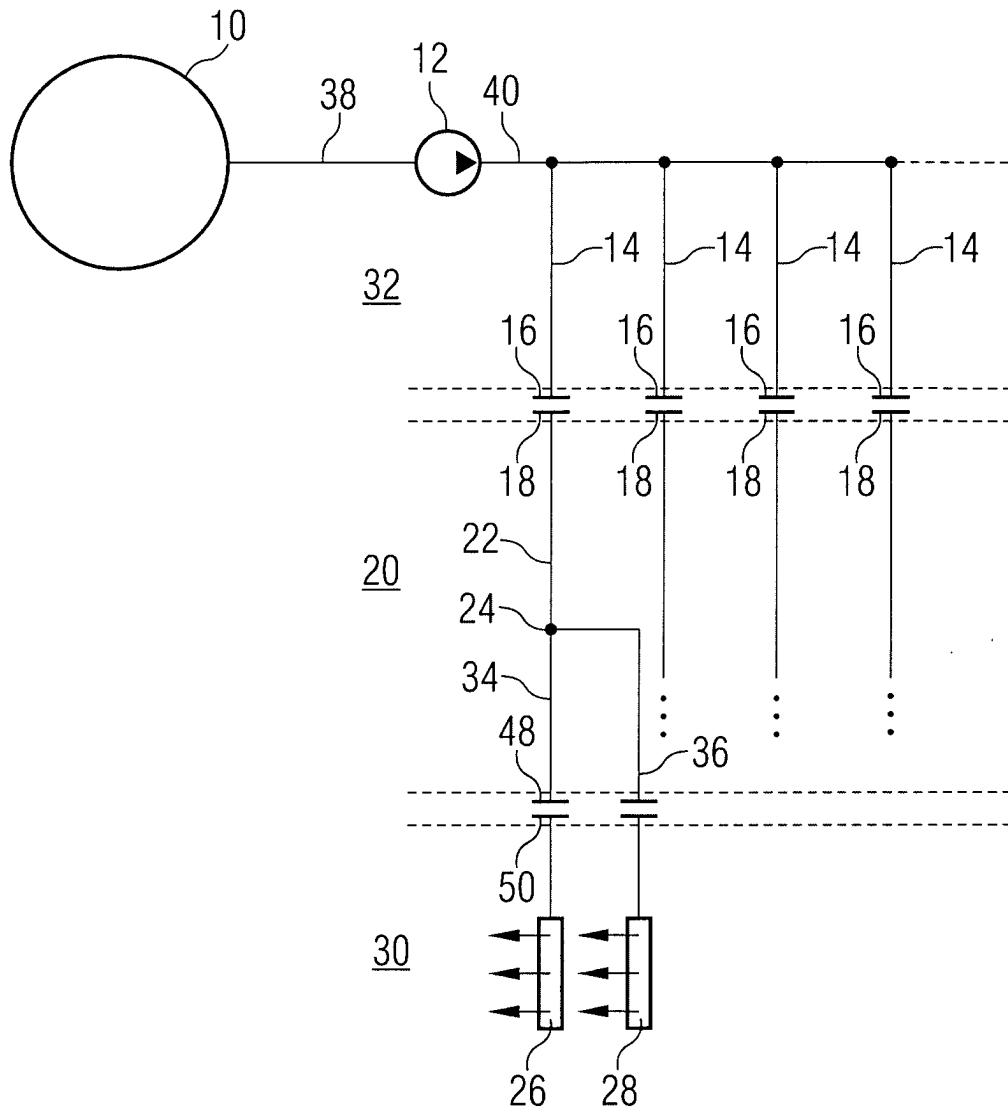


FIG 2

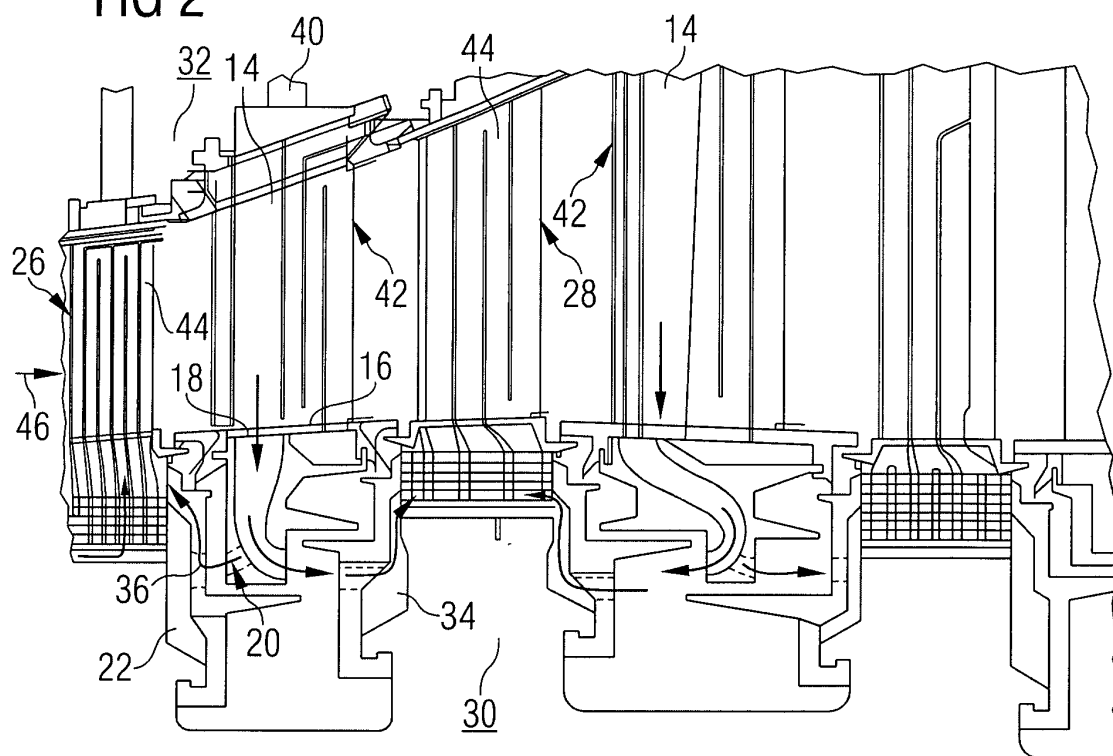


FIG 3

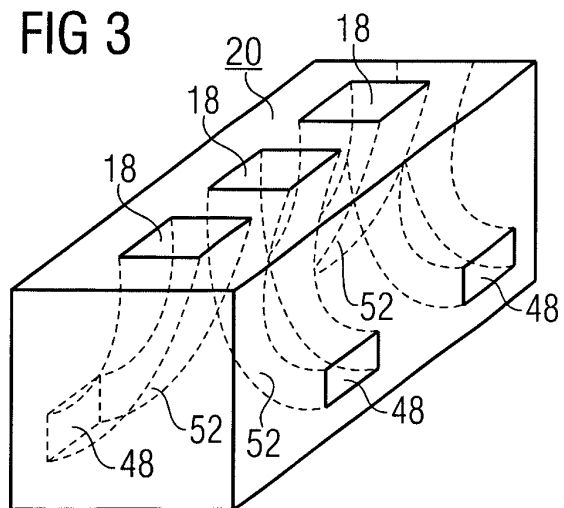


FIG 4

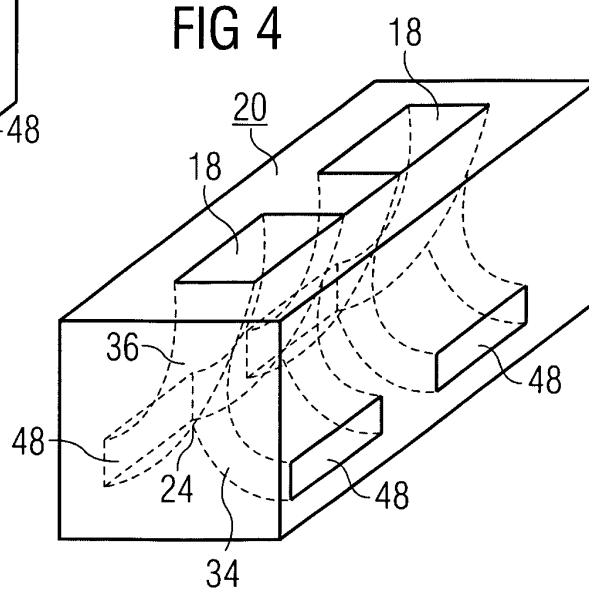
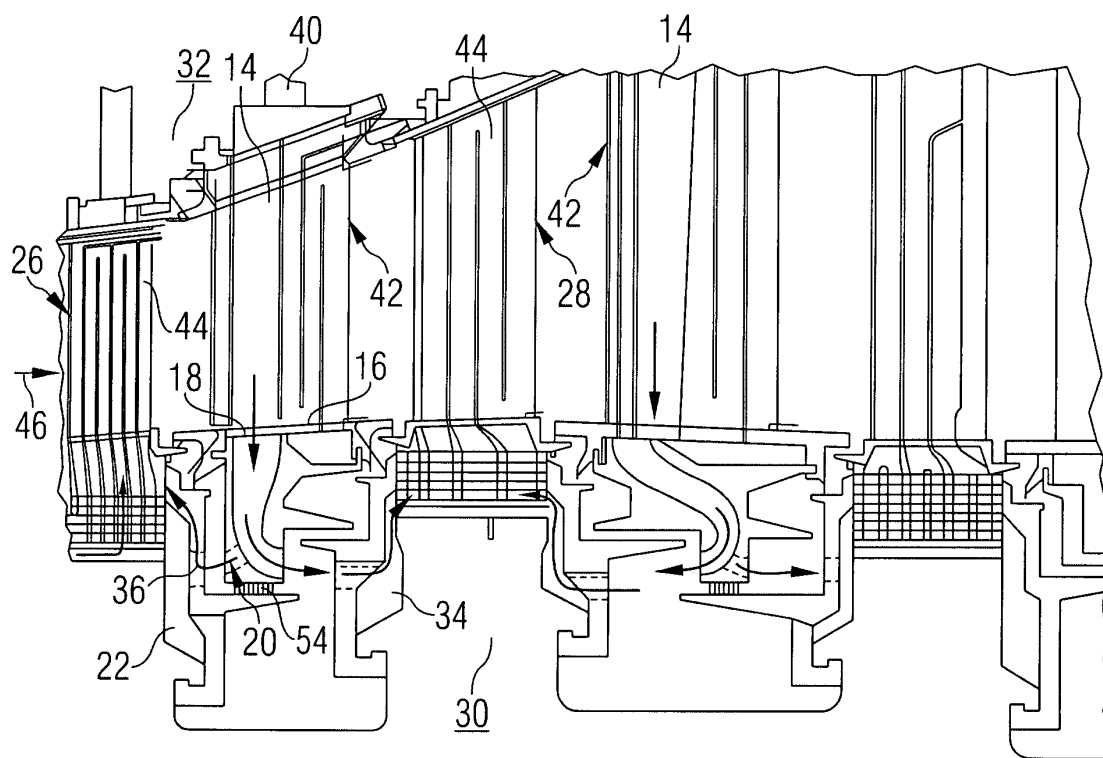


FIG 5





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 02 01 5281

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                            | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                        | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                    | US 2 896 906 A (DURKIN WILLIAM J)<br>28. Juli 1959 (1959-07-28)                                                                                            | 1,2,6,7,<br>9-13,16,<br>18                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | F01D5/08                                |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                    | * Spalte 2, Zeile 46 - Zeile 67 *<br>* Abbildung 1 *                                                                                                       | 3,4,8,<br>14,15,<br>19,20                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                         |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                    | ---<br>DE 198 24 766 A (SIEMENS AG)<br>9. Dezember 1999 (1999-12-09)<br>* Spalte 3, Zeile 52 - Spalte 4, Zeile 42 *                                        | 3,4,8,19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                         |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                    | ---<br>GB 938 247 A (ROLLS ROYCE)<br>2. Oktober 1963 (1963-10-02)<br>* Seite 3, Zeile 78 - Zeile 108 *<br>* Abbildung 2 *                                  | 14,15,20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | ---<br>US 3 015 937 A (GILIBERTY JAMES V)<br>9. Januar 1962 (1962-01-09)<br>* Spalte 3, Zeile 72 - Spalte 4, Zeile 26 *                                    | 1-20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int.Cl.7) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | ---<br>US 4 666 368 A (HOOK JR RICHARD B ET AL)<br>19. Mai 1987 (1987-05-19)<br><br>* Spalte 3, Zeile 44 - Zeile 59 *<br>* Spalte 4, Zeile 15 - Zeile 48 * | 1,3,4,<br>10,<br>14-16,<br>19,20                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | F01D                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | ---<br>US 3 535 873 A (SZYDLOWSKI JOSEPH)<br>27. Oktober 1970 (1970-10-27)<br>* Abbildungen 5,6 *                                                          | 1,10,16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | ---<br>US 4 178 129 A (JENKINSON JOHN)<br>11. Dezember 1979 (1979-12-11)<br>* Spalte 2, Zeile 53 - Spalte 3, Zeile 23 *                                    | 1,10,16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                         |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                         |
| Recherchenort                                                                                                                                                                                                                                        | Abschlußdatum der Recherche                                                                                                                                | Prüfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                         |
| DEN HAAG                                                                                                                                                                                                                                             | 9. Dezember 2002                                                                                                                                           | Steinhauser, U                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                         |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                            | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                         |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                         |

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 02 01 5281

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

09-12-2002

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|-----------------------------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2896906                                          | A | 28-07-1959                    | KEINE                             |                               |
| DE 19824766                                         | A | 09-12-1999                    | DE 19824766 A1                    | 09-12-1999                    |
|                                                     |   |                               | WO 9963204 A1                     | 09-12-1999                    |
|                                                     |   |                               | EP 1084327 A1                     | 21-03-2001                    |
|                                                     |   |                               | JP 2002517652 T                   | 18-06-2002                    |
|                                                     |   |                               | US 6427448 B1                     | 06-08-2002                    |
| GB 938247                                           | A | 02-10-1963                    | KEINE                             |                               |
| US 3015937                                          | A | 09-01-1962                    | KEINE                             |                               |
| US 4666368                                          | A | 19-05-1987                    | CH 672941 A5                      | 15-01-1990                    |
|                                                     |   |                               | CN 87101971 A ,B                  | 11-11-1987                    |
|                                                     |   |                               | DE 3712628 A1                     | 05-11-1987                    |
|                                                     |   |                               | FR 2598178 A1                     | 06-11-1987                    |
|                                                     |   |                               | GB 2190146 A ,B                   | 11-11-1987                    |
|                                                     |   |                               | IT 1208034 B                      | 01-06-1989                    |
|                                                     |   |                               | JP 1944954 C                      | 23-06-1995                    |
|                                                     |   |                               | JP 6074754 B                      | 21-09-1994                    |
|                                                     |   |                               | JP 62271938 A                     | 26-11-1987                    |
|                                                     |   |                               | KR 9307612 Y1                     | 05-11-1993                    |
| US 3535873                                          | A | 27-10-1970                    | FR 1548541 A                      | 06-12-1968                    |
| US 4178129                                          | A | 11-12-1979                    | GB 1561229 A                      | 13-02-1980                    |
|                                                     |   |                               | DE 2805851 A1                     | 24-08-1978                    |
|                                                     |   |                               | FR 2381179 A1                     | 15-09-1978                    |
|                                                     |   |                               | IT 1108741 B                      | 09-12-1985                    |
|                                                     |   |                               | JP 1127961 C                      | 14-12-1982                    |
|                                                     |   |                               | JP 53125517 A                     | 01-11-1978                    |
|                                                     |   |                               | JP 57019283 B                     | 21-04-1982                    |

EPO FORM P0461

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