



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.09.2004 Patentblatt 2004/36

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

(21) Anmeldenummer: **03002472.3**

(22) Anmeldetag: **05.02.2003**

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

(72) Erfinder:
• **Haje, Detlef, Dr.**
46236 Bottrop (DE)
• **Röttger, Dietmar, Dr.**
45147 Essen (DE)

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

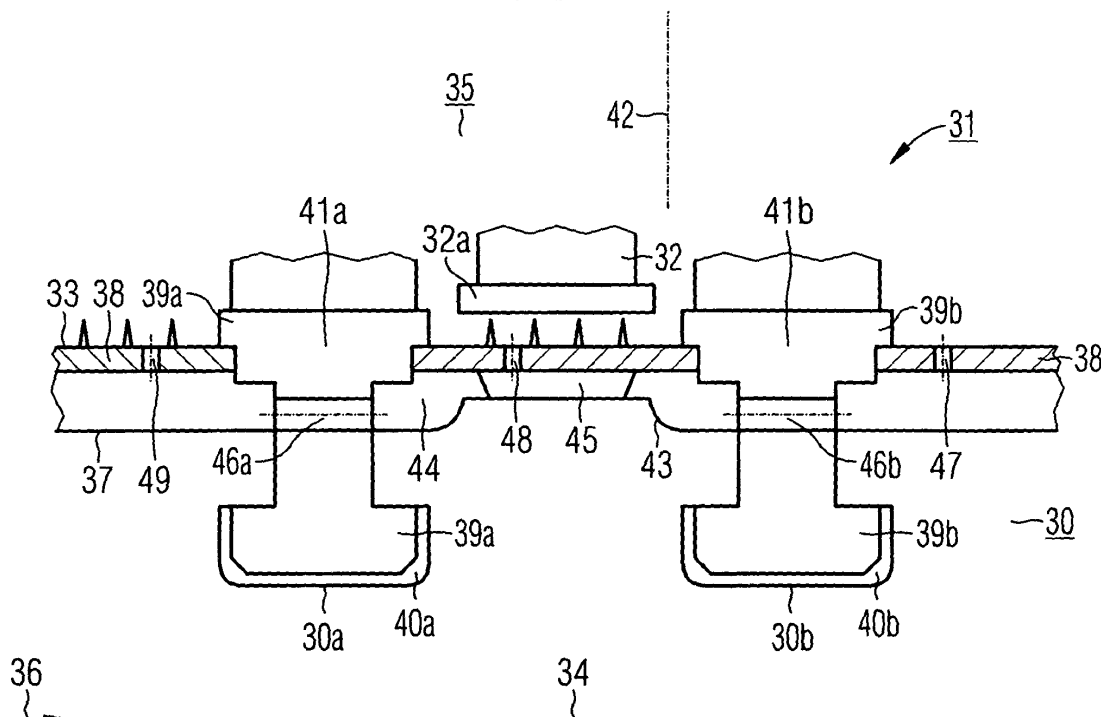
Bemerkungen:
Die Bezugnahmen auf die Zeichnung 11 gelten als gestrichen (Regel 43 EPÜ).

(54) **Dampfturbinenrotor sowie Verfahren und Verwendung einer aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors**

(57) Der vorgeschlagene Dampfturbinenrotor (21,30,75) erstreckt sich entlang einer axialen Ausdehnung (25,34) und weist eine Außenseite (26a) auf, die an einen Außenraum (27a,35) grenzt, der zur Aufnahme einer Hauptströmung (27,36) eines fluiden Arbeitsmediums (8) vorgesehen ist. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Kühlung ist dabei mindestens eine inte-

grierte Durchführung (44,46a,46b,93,96,103,106) entlang der Außenseite vorgesehen, die sich wenigstens zwischen einem vor einer ersten Stelle (30a) angeordneten ersten Bereich (28a,72) und einem hinter einer zweiten Stelle (30b) angeordneten zweiten Bereich (28b,73) durchgängig erstreckt. Es wird ein Verfahren und eine Verwendung vorgeschlagen, bei dem ein fluides Kühlmedium (10) entsprechend geführt wird.

FIG 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Dampfturbinenrotor, der sich entlang einer axialen Ausdehnung erstreckt, aufweisend: eine Außenseite, die an einen Außenraum grenzt, der zur Aufnahme einer Hauptströmung eines fluiden Arbeitsmediums vorgesehen ist, und eine erste Stelle entlang der Außenseite, bei der eine erste Schaufelreihe gehalten ist. Die Erfindung betrifft auch eine Dampfturbine. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors der genannten Art.

[0002] Bei der Beaufschlagung einer Dampfturbine mit heißem Dampf als Arbeitsmedium ist man bestrebt, zur Steigerung der erreichbaren Dampftemperaturen hochbeanspruchte Bauteile gezielt zu kühlen. Dies umfasst - soweit möglich - eine Abschirmung und eine Wärmeabfuhr durch eine entsprechend dimensionierte Kühlung. Unter einer Dampfturbine im Sinne der vorliegenden Anmeldung wird jede Turbine oder Teilturbine verstanden, die von einem Arbeitsmedium in Form von Dampf durchströmt wird. Im Unterschied dazu werden Gasturbinen mit Gas und/oder Luft als Arbeitsmedium durchströmt, das jedoch völlig anderen Temperatur- und Druckbedingungen unterliegt als der Dampf bei einer Dampfturbine. Im Gegensatz zu Gasturbinen weist bei Dampfturbinen z. B. das einer Teilturbine zuströmende Arbeitsmedium mit der höchsten Temperatur gleichzeitig den höchsten Druck auf. Ein offenes Kühlsystem ist also nicht ohne Teilturbinen-externe Zuführung eines Kühlmediums realisierbar. Kühlmaßnahmen, wie sie von Gasturbinen bekannt sind, erweisen sich deshalb in ihrer von Gasturbinen bekannten und lediglich für Gasturbinen geeigneten Form als nicht übertragbar auf Dampfturbinen.

[0003] Unter einem Gehäuse einer Dampfturbine ist insbesondere das stationäre Gehäusebauteil einer Dampfturbine oder einer Teilturbine zu verstehen, das entlang der axialen Ausdehnung der Dampfturbine einen Innenraum aufweist, der zur Durchströmung mit dem Arbeitsmedium Dampf vorgesehen ist. Dies kann, je nach Dampfturbinenart, ein Innengehäuse und/oder auch ein Leitschaufelträger sein. Unter einem Dampfturbinengehäuse ist auch ein Turbinengehäuse zu verstehen, welches kein Innengehäuse oder keinen Leitschaufelträger aufweist.

[0004] In dem Innenraum ist entlang der axialen Ausdehnung ein mit Schaufeln besetzter Rotor drehbar angeordnet, so dass bei Durchströmung des Innenraums mit erhitztem und unter Druck stehendem Dampf der Rotor über die Schaufeln durch den Dampf in Drehung versetzt wird. Die Schaufeln des Rotors werden auch als Laufschaufeln bezeichnet. Eine Dampfturbine weist darüber hinaus stationäre Leitschaufeln auf, welche in die Zwischenräume der Rotorschaukeln greifen und durch das Innengehäuse/den Leitschaufelträger gehalten werden. Eine Laufschaufel ist üblicherweise entlang einer Außenseite eines Dampfturbinenrotors gehalten.

Dabei ist sie üblicherweise Teil eines Laufschaufelkranzes, welcher eine Anzahl von Laufschaufeln umfasst, die entlang eines Außenumfangs an der Außenseite des Dampfturbinenrotors angeordnet sind. Dabei weist jede Laufschaufel mit ihrem Schaufelblatt radial nach außen. Ein Laufschaufelkranz wird auch als Laufschaufelreihe bezeichnet. Üblicherweise ist eine Anzahl von Laufschaufelreihen hintereinander geschaltet. Entsprechend ist an einer zweiten Stelle entlang der axialen Ausdehnung hinter der ersten Stelle ein weiterer zweiter Schaufelkranz entlang der Außenseite des Dampfturbinenrotors gehalten.

[0005] Bei den bisher bekannten Kühlmethoden, insbesondere für einen Dampfturbinenrotor, ist zwischen einer aktiven Kühlung und einer passiven Kühlung zu unterscheiden. Bei einer aktiven Kühlung wird eine Kühlung durch ein dem Dampfturbinenrotor separat, d. h. zusätzlich zum Arbeitsmedium zugeführtes Kühlmedium bewirkt. Dagegen erfolgt eine passive Kühlung lediglich durch eine geeignete Führung oder Verwendung des Arbeitsmediums in der Hauptströmung. Eine übliche Kühlung eines Dampfturbinenrotors beschränkt sich auf eine passive Kühlung.

[0006] Aus der US 6,102,654 und der WO 97/49901 ist hingegen bekannt, einen Rotor einer Dampfturbine mit kühlem, bereits expandiertem Dampf zu durchströmen. Dabei wird Kühlmedium durch einen im Wesentlichen zentralen Hohlraum entlang einer inneren Rotorwandung geführt und dann von dort über separate radiale Stichkanäle nach außen, insbesondere zu kühlenden Bereichen des Gehäuses zugeleitet. Dadurch, dass der zentrale Hohlraum und die Stichkanäle an der Stelle der höchsten Bauteilbelastung angeordnet sind, führt dies zu einem erheblichen Festigkeitsnachteil für den Rotor. Dies hat auch den Nachteil, dass eine Temperaturdifferenz über die Rotorwandung beschränkt bleiben muss, da sich sonst bei einer zu großen Temperaturdifferenz der Rotor thermisch zu stark verformen würde. Aus diesen Gründen ist ein derartiges Konzept bislang noch nicht verbreitet zum Einsatz gekommen. Bei einer Durchströmung des Rotors findet zwar eine Wärmeabfuhr statt, jedoch erfolgt die Wärmeabfuhr relativ weit entfernt von der Stelle der Wärmezufuhr. Eine Wärmeabfuhr in unmittelbarer Nähe der Wärmezufuhr ist bisher nicht in ausreichendem Maße verwirklicht worden.

[0007] Eine weitere, passive Kühlung kann mittels einer geeigneten Führung und Verwendung der Expansion des Dampfes des Arbeitsmediums erreicht werden. Dabei wird der einer Dampfturbine zuströmende Dampf durch ausschließlich stationäre Teile, z. B. einen Leitschaufelkranz oder radial wirkende Leitschaufeln zunächst expandiert, bevor er rotierende Bauteile beaufschlagt. Der Dampf erfährt dabei eine Abkühlung im Bereich von etwa 10 K. Hierüber lässt sich allerdings nur eine sehr begrenzte Kühlwirkung auf den Rotor erzielen.

[0008] In der US 6,102,654 wird eine aktive Kühlung eines Dampfturbinenrotors nur in einem sehr einge-

schränkten Umfang verwirklicht und die Kühlung ist zudem auf den Einströmbereich des heißen Arbeitsmediums beschränkt. Wie in FIG 1 dieser Anmeldung wiedergegeben, wird gemäß der US 6,102,654 Kühlmedium durch das Gehäuse auf ein Schutzschild und auf einen ersten Leitschaufelring geleitet, um eine Temperaturbeanspruchung des Rotors und des ersten Leitschaufelrings zu reduzieren. Ein Teil des Kühlmediums wird dem Arbeitsmedium beigemischt. Abgesehen von der Beschränkung der Kühlung auf den Einströmbereich soll eine Kühlung lediglich durch ein Anströmen der zu kühlenden Komponenten erreicht werden. Der dadurch erreichbare Kühleffekt auf den Rotor ist begrenzt, da er sich auf den Einströmbereich der Hauptströmung beschränkt.

[0009] Aus der WO 97/49901 ist bekannt, einen einzelnen Leitschaufelkranz selektiv durch einen von einem zentralen Hohlraum gespeisten separaten radialen Kanal im Rotor zu kühlen. Dazu wird Kühlmedium über den Kanal dem Arbeitsmedium beigemischt und der zu kühlende Leitschaufelkranz durch Kühlmedium selektiv angeströmt. Der Kühleffekt auf den Rotor ist dabei verbesserungswürdig. Darüber hinaus bewirkt die Bohrung nachteiligerweise eine deutliche Spannungserhöhung des Rotors gegenüber der Ausgestaltung ohne Bohrung.

[0010] In der EP 1154123 ist eine Möglichkeit der Entnahme und Führung eines Kühlmediums aus anderen Bereichen eines Dampfsystems und die Zuführung des Kühlmediums im Einströmbereich des Arbeitsmediums beschrieben.

[0011] Zur Erzielung höherer Wirkungsgrade bei der Stromerzeugung mit fossilen Brennstoffen besteht das Bedürfnis, höhere Dampfparameter, d. h. höhere Drücke und Temperaturen als bisher üblich anzuwenden. Dabei sind beim Dampf als Arbeitsmedium Drücke über 250 bar und Temperaturen über 540 C vorgesehen. Im Detail sind solche Dampfparameter in dem Artikel "Neue Dampfturbinenkonzepte für höhere Eintrittsparameter und längere Endschaufeln" von H. G. Neft und G. Franconville in der Zeitschrift VGB Kraftwerkstechnik, Nr. 73 (1993), Heft 5, angegeben. Der Offenbarungsgehalt des Artikels wird hiermit in die Beschreibung dieser Anmeldung aufgenommen. Insbesondere sind Beispiele höherer Dampfparameter in Bild 13 des Artikels genannt. In dem genannten Artikel wird zur Verbesserung der Kühlung eines Dampfturbinenrotors eine Kühldampfzufuhr und Weiterleitung des Kühldampfs durch die erste Leitschaufelstufe und gegebenenfalls auch durch die zweite Leitschaufelstufe vorgeschlagen. Damit wird eine aktive Kühlung lediglich für das Dampfturbinengehäuse bereitgestellt. Zudem ist die Kühlung auf den Hauptströmungsbereich des Arbeitsmediums beschränkt und noch verbesserungswürdig.

[0012] Alle bisher bekannten Kühlverfahren für einen Dampfturbinenrotor sehen also, soweit es sich überhaupt um aktive Kühlverfahren handelt, allenfalls ein gezieltes Anströmen eines separaten und zu kühlenden

Turbinenteiles vor und sind auf den Einströmbereich des Arbeitsmediums beschränkt. Dies kann bei einer Belastung üblicher Dampfturbinen mit höheren Dampfparametern zu einer auf die ganze Turbine wirkenden, erhöhten thermischen Belastung führen, welche durch eine oben beschriebene übliche Kühlung des Rotors nur unzureichend abgebaut werden könnte. Dampfturbinen, die zur Erzielung höherer Wirkungsgrade beispielsweise mit höheren Dampfparametern arbeiten, benötigen eine verbesserte Kühlung, insbesondere des Rotors, um eine höhere thermische Belastung der Dampfturbine in genügendem Maße abzubauen. Dabei besteht das Problem, dass bei der Nutzung bisher üblicher Turbinenmaterialien die zunehmende Beanspruchung des Rotors durch erhöhte Dampfparameter zu einer nachteiligen thermischen Belastung des Rotors und einer unzulässigen Temperaturerhöhung desselben führen kann.

[0013] Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren und eine Verwendung anzugeben, die eine ausreichende Kühlung eines Dampfturbinenrotors, insbesondere beim Betrieb einer Dampfturbine mit erhöhten Dampfparametern und üblichen Turbinenmaterialien, gewährleisten.

[0014] Diese Aufgabe wird durch die Erfindung mittels eines eingangs genannten Dampfturbinenrotors gelöst, bei dem mindestens eine integrierte Durchführung vorgesehen ist, die sich wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle angeordneten ersten Bereich und einem hinter der ersten Stelle angeordneten zweiten Bereich durchgängig erstreckt.

[0015] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass zur Bereitstellung einer ausreichenden Kühlung eines Dampfturbinen-Rotors eine über den Einströmbereich des Arbeitsmediums und eine über die lediglich separate Kühlung der ersten Schaufelstufe hinausgehende, aktive Kühlung innerhalb eines Dampfturbinenrotors vorgesehen sein sollte. Die Erkenntnis der Erfindung liegt darin, dass dies mit einer durchgängig im Rotor integrierten Durchführung erreicht werden kann, die wenigstens über eine Schaufelstufe hinausgeht. Dies schafft die Möglichkeit einer aktiven Kühlung eines erheblichen oder ganzen Teils des die Laufschaufeln aufnehmenden Rotors. Der Teil geht jedenfalls über den Einströmbereich hinaus und geht wenigstens über eine Schaufelstufe hinaus. Vorteilhaft erstreckt sich der Teil über wenigstens zwei Schaufelstufen, günstigerweise über mehrere Stufen der Laufbeschaufelung. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, ein Kühlfluid mittels eines im Rotor integrierten und zusammenhängenden Durchführungssystems durchgängig zu führen.

[0016] Dies hat den wesentlichen Vorteil, dass die Kühlung eines Dampfturbinenrotors nicht nur über wenigstens eine, vorteilhaft über mehrere Schaufelstufen, also wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle angeordneten ersten Bereich und einem hinter der ersten Stelle angeordneten zweiten Bereich durchgängig erfolgt, sondern hat auch den Vorteil, dass die Wärme-

abfuhr in unmittelbarer Nähe der Wärmezufuhr, nämlich in der Nähe seiner Oberfläche, erfolgt. Auf diese Weise wird die Kühlung bei üblichen Dampfturbinen verbessert, so dass diese mit geringeren Materialkosten gefertigt werden könnten. Des Weiteren erlaubt das vorgeschlagene Kühlungskonzept den Entwurf neuer Dampfturbinenkonzepte für höhere Eintrittsparameter, insbesondere auch bei höchsten Dampfparametern wie sie beispielsweise bei Temperaturen oberhalb von 500 C bestehen. Beispiele dafür finden sich in dem oben genannten Artikel "Neue Dampfturbinenkonzepte für höhere Eintrittsparameter und längere Endschaufeln" von H. G. Neft und G. Franconville. Beispielhafte Dampfparameter des Dampfes als Arbeitsmedium liegen beispielsweise bei 250 bar und 545 C bzw. bei 300 bar und 600 C.

[0017] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zum Dampfturbinenrotor zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an, den vorgeschlagenen Rotor hinsichtlich der genannten und weiterer Vorteile im Einzelnen weiterzubilden.

[0018] Eine besonders bevorzugte Weiterbildung sieht eine zweite Stelle entlang der Außenseite vor, bei der eine zweite Schaufelreihe gehalten ist, wobei entlang der axialen Ausdehnung die zweite Stelle hinter der ersten Stelle angeordnet ist und wobei sich die Durchführung wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle angeordneten ersten Bereich und einem hinter der zweiten Stelle angeordneten zweiten Bereich durchgängig erstreckt. Es könnte auch zwischen der ersten Stelle und der zweiten Stelle eine Anzahl von weiteren Stellen vorgesehen sein, bei denen jeweils eine Schaufelreihe gehalten ist. Insbesondere ist die mindestens eine Durchführung in vorteilhafter Weise Teil eines zusammenhängenden Durchführungssystems, das sich entlang der axialen Ausdehnung des Dampfturbinenrotors erstreckt. Dies schafft die Möglichkeit, Kühldampf parallel zur Hauptströmung zu führen. Die Kühlung mehrerer Schaufelstufen wird möglichst entlang des gesamten Rotors ermöglicht. Je nach Anforderungen und Bedarf könnte ein Durchführungssystem flexibel ausgelegt sein. Die mindestens eine Durchführung könnte sich günstigerweise zwischen einem vor dem ersten Schaufelkranz angeordneten ersten Bereich und einem hinter dem letzten Schaufelkranz angeordneten zweiten Bereich durchgängig erstrecken. Ein Durchführungssystem könnte jedoch auch aus Teilsystemen aufgebaut sein. Es könnte dabei zusätzlich oder alternativ eine erste Anzahl von Durchführungen vorgesehen sein, die jeweils durchgängig über eine einzige oder mehrere Schaufelstufen entlang der axialen Ausdehnung hinausgehen. Diese könnten dabei über weitere zweite Durchführungen zu einem Durchführungssystem verbunden sein, die radial oder beliebig anders ausgerichtet sind. Die mindestens eine Durchführung bzw. die erste Anzahl von Durchführungen sind dabei vorteilhaft oberflächennah angeordnet. Die weiteren zweiten Durchführungen

könnten auch beliebig im Rotor verlaufen oder aus der Rotoroberfläche heraus führen.

[0019] Günstigerweise ist ein offenes Kühlsystem vorgesehen, das die Möglichkeit der Anpassung der Parameter des Kühlmediums an die Parameter des Arbeitsmediums vorsieht. Dies wird im Einzelnen anhand des vorgeschlagenen Verfahrens weiter unten erläutert.

[0020] Im Unterschied zum Arbeitsmedium bei Gasturbinen weist bei Dampfturbinen das zuströmende Arbeitsmedium mit der höchsten Temperatur auch gleichzeitig den höchsten Druck auf. Günstigerweise ist bei einem Dampfturbinenrotor deshalb die mindestens eine Durchführung Teil eines zusammenhängenden Durchführungssystems, das eine externe Zuführung aufweist, die für die Zuströmung von Kühlmedium vorgesehen ist. Dies schafft die Möglichkeit, das Kühlmedium mit einem zumindest geringfügig höheren Druck als das Arbeitsmedium der Durchführung zuzuleiten. Dies kann vorteilhaft dadurch erreicht werden, dass das Kühlmedium dem Wasser-Dampf-Kreislauf an einer Stelle höheren Druckes und hinreichend niedriger Temperatur entnommen wird.

[0021] Im Folgenden werden weitere vorteilhafte Ausgestaltungen eines Durchführungssystems beschrieben, dessen Teil die mindestens eine Durchführung gemäß dem vorgeschlagenen Konzept ist. Ein solches Durchführungssystem ist vorteilhaft oberflächennah zur Außenseite des Dampfturbinenrotors angeordnet. Oberflächennah heißt in diesem Zusammenhang insbesondere, dass das Durchführungssystem, speziell die mindestens eine Durchführung, in einem Bereich der radialen Ausdehnung des Dampfturbinenrotors angeordnet ist, welcher durch die Außenseite des Rotors einerseits und die innere radiale Ausdehnung einer Laufschaufelnut andererseits begrenzt ist. Die mindestens eine Durchführung und/oder eine beliebige weitere Durchführung des Durchführungssystems kann dabei je nach Bedarf in vorteilhafter Weise als ein Kanal oder als eine beliebige Art von Hohlraum innerhalb des Rotors, vorzugsweise in dessen oberflächennahen Bereich, ausgelegt sein. Dies ermöglicht eine weitere Verbesserung der Wärmeabfuhr am Ort des Wärmeeintrags. Das vorgeschlagene Kühlungskonzept innerhalb des genannten Dampfturbinenrotors ist damit effektiver wirksam als eine in der Nähe eines zentralen Hohlraums an der Innenseite der Rotorwandung benachbart zur Lauflachse für den Rotor angreifende Kühlung. Des Weiteren ergeben sich Vorteile hinsichtlich des Verformungsverhaltens eines Dampfturbinen-Rotors. Die Kühlung nach dem vorgeschlagenen Konzept verstärkt auch den Nutzen von Wärme-Isolations-Schichten auf Rotor und Schaufeln. Derartige Schichten besitzen einen vergleichsweise geringen Wärmeleitkoeffizienten und können unter der Voraussetzung, dass eine ausreichende Wärmesenke vorhanden ist, eine hohe Temperaturdifferenz aufbauen. Damit können Rotor, Schaufelfüße und zum Teil auch Schaufelblätter auf einer wesentlich geringeren Temperatur gehalten werden als ohne eine

Isolationsschicht. Alternativ zu einer Isolationsschicht oder in Kombination mit einer solchen kann, bei Verwendung des vorgeschlagenen Kühlungskonzepts, die Anwendung von weniger gut leitenden Schaufelwerkstoffen sinnvoll sein. Ein zu bevorzugendes Beispiel dafür sind beispielsweise austenitische Werkstoffe.

[0022] Ein zusammenhängendes Durchführungssystem weist günstigerweise einen entlang einer umfanglichen Ausdehnung des Rotors wenigstens teilweise umlaufenden Kanal auf. Zusammen mit der wenigstens einen axial verlaufenden Durchführung ermöglicht dies eine gesamtumfangliche Kühlung des Dampfturbinenrotors, vorzugsweise nahe seiner Außenseite.

[0023] Vorteilhaft werden die Parameter des Kühlmediums in Abhängigkeit der Parameter des Arbeitsmediums über ein offenes Kühlsystem stufenweise angepasst. Günstigerweise weist dazu der erste Bereich eine erste Öffnung zur Hauptströmung auf. Vorteilhaft weist auch der zweite Bereich eine zweite Öffnung zur Hauptströmung auf. Dadurch wird eine Kühlung mehrerer Schaufelstufen ermöglicht, wobei das Kühlmedium jeweils einen der Hauptströmung ähnlichen Druck aufweist, so dass vorteilhaft eine Minimierung der Differenzdruckbeanspruchung angestrebt ist.

[0024] Die mindestens eine Durchführung könnte als Bohrung, Nut oder auf andere geeignete Weise integriert sein. Darüber hinaus erweist es sich als ganz besonders günstig, wenn die Außenseite des Rotors durch ein umlaufendes Abschirmblech gebildet ist. Dies ermöglicht, dass der Dampfturbinenrotor im gekühlten Beschauelungsbereich günstigerweise vollständig gegen die Hauptströmung abgeschirmt ist. Dies hat wesentliche Vorteile hinsichtlich einer Oxidation des Rotorwerkstoffes. Ein umlaufendes Abschirmblech könnte günstigerweise durch eine Schaufelreihe, insbesondere durch die Schaufelfüße, gehalten sein.

[0025] Die mindestens eine Durchführung lässt sich je nach Bedarf ausführen. So erweist es sich als günstig, wenn die Durchführung durch eine Schaufel, insbesondere durch einen Schaufelfuß, geführt ist. Dabei könnte eine Nut an einem Schaufelfuß ein Teil der Durchführung sein. Gegebenenfalls könnte auch eine Bohrung durch einen einzelnen Schaufelfuß oder, alternativ oder zusätzlich, durch zwei benachbarte Schaufelfüße Teil der Durchführung sein. Weiter erweist es sich als günstig, einen Kanal in einem Schaufelblatt vorzusehen, der mit der Durchführung zusammenhängend verbunden ist. Auf diese Weise ist eine vorteilhafte Kühlung des Laufschaufelblattbereichs z. B. über eine Filmkühlung möglich.

[0026] Die Erfindung führt auch auf eine Dampfturbine mit einem Dampfturbinenrotor gemäß dem oben vorgeschlagenen Konzept oder einer Weiterbildung davon.

[0027] Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe durch die Erfindung mit einem Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors der eingangs genannten Art gelöst, bei dem erfindungsgemäß vorgesehen ist, ein fluiden Kühlmedium entlang der axialen Aus-

dehnung wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle angeordneten ersten Bereich und einem hinter der ersten Stelle angeordneten zweiten Bereich durchgängig zu führen.

[0028] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Dampfturbinenrotor eine zweite Stelle entlang der Außenseite aufweist, bei der eine zweite Schaufelreihe gehalten ist, wobei entlang der axialen Ausdehnung die zweite Stelle hinter der ersten Stelle angeordnet ist und wobei das fluide Kühlmedium wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle angeordneten ersten Bereich und einem hinter der zweiten Stelle angeordneten zweiten Bereich durchgängig geführt wird. Es erweist sich dabei als besonders vorteilhaft, dass das Kühlmedium in einem zusammenhängenden Durchführungssystem entlang der axialen Ausdehnung über die erste Stelle und die zweite Stelle und über eine Anzahl von dazwischenliegenden, weiteren Stellen, bei denen jeweils eine Schaufelreihe gehalten ist, geführt wird.

[0029] Da das einer Dampfturbine zuströmende Arbeitsmedium mit der höchsten Temperatur gleichzeitig auch den höchsten Druck aufweist, ist es besonders günstig, dass das Kühlmedium dem Dampfturbinenrotor von extern zugeführt wird. Vorteilhaft übersteigt dabei der Druck des Kühlmediums einen Druck des Arbeitsmediums in der Hauptströmung.

[0030] Es erweist sich als besonders günstig, dass das Kühlmedium mit einem Druck geführt wird, der in Abhängigkeit eines Drucks der Hauptströmung angepasst ist und insbesondere die Kühlmediumströmung gedrosselt wird. Diese Weiterbildung ermöglicht die Ausbildung eines an höhere Dampfparameter angepassten, offenen Kühlsystems. Eine Drosselung des Kühlmediums zur Druckanpassung an die Hauptströmung erfolgt in vorteilhafter Ausgestaltung stufenweise durch entsprechende Gestaltungen der mindestens einen Durchführung, bevorzugterweise in Verbindung mit Öffnungen zur Hauptströmung.

[0031] Weiterhin wird günstigerweise das Kühlmedium mit einer Temperatur und/oder in einer Menge zugeführt, die in Abhängigkeit einer Temperatur der Hauptströmung angepasst wird. Dies kann vorteilhaft durch eine sicherheitstechnischen Anforderungen genügende Armatur geregelt werden, die den Schnellschluss- und Stellvorgängen der Turbinenventile leittechnisch folgt. Die Temperatur des Kühlmediums ist gemäß sicherheitstechnischen Anforderungen vorteilhaft festzulegen und leittechnisch zu überwachen. Gegebenenfalls kann bei einer Schwachlast eine überproportionale Menge an Kühlmedium in das Durchführungssystem eingebracht werden, so dass die Temperatur der Hauptströmung nach dem gekühlten Beschauelungsbereich durch verstärkte Zumischung von Kühlmedium hinreichend niedrig gehalten wird.

[0032] Bei Ausfall des Kühlmediums kann der Betrieb der Turbine erforderlichenfalls mit Hilfe einer Anzahl von Turbinenventilen unterbrochen werden, was als

Schnellschluss bezeichnet wird.

[0033] Die oben erläuterte Konzeption der Zuführung des Kühlmediums und der Leitung des Kühlmediums in einem rotorintegrierten, vorteilhaft oberflächennahen Durchführungssystem kann entsprechend den Anforderungen ausgelegt und angepasst werden.

[0034] Das vorgeschlagene Konzept kann auch, gemäß einer Variante der Erfindung, zum Anfahren und/oder zur Schnellabkühlung einer Turbine verwendet werden.

[0035] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung sind der Rotor und/oder die Turbinenschaufeln mit einer Wärme-Isolationsbeschichtung versehen. Derartige Wärme-Isolationsschichten weisen üblicherweise einen vergleichsweise geringen Wärmeleitkoeffizienten auf und können unter der Voraussetzung, dass lokal eine geeignete Wärmesenke bereitgestellt wird, eine hohe Temperaturdifferenz aufbauen. Die Funktion dieser Wärmesenke kann durch das vorliegend vorgesehene Kühlsystem übernommen werden, so dass der solchermaßen ausgestaltete Rotor für die Verwendung von Wärme-Isolationsschichten besonders geeignet ist. Dabei können Rotor, Schaufelfüße und eventuell auch Schaufelblätter auf einer wesentlich geringeren Temperatur gehalten werden als ohne derartige Isolationsschichten. Alternativ zu oder in Kombination mit der Verwendung von Isolationsschichten kann auch die Verwendung vergleichsweise schlecht wärmeleitender Schaufelwerkstoffe wie beispielsweise austenitischer Werkstoffe vorgesehen sein.

[0036] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun nachfolgend anhand der Zeichnung im Vergleich zum Stand der Technik, welcher ebenfalls dargestellt ist, beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend Form und Detail einer Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen.

[0037] Die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Ausgestaltung der Erfindung wesentlich sein. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im Folgenden gezeigten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsform oder beschränkt auf einen Gegenstand, der eingeschränkt wäre im Vergleich zu dem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand.

[0038] Die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird im Zusammenhang mit einem Kühlsystem beschrieben, das einen druckangepassten Kühldampf-massenstrom bereitstellt, der die rotierenden Bauteile,

also den Rotor und die Laufschaufeln, gezielt kühlen kann. Damit kann die hier vorgeschlagene, bevorzugte Ausführungsform einen wesentlichen Beitrag zur kostengünstigen, großtechnischen Realisierbarkeit höherer Dampfparameter und höherer Wirkungsgrade leisten. Darüber hinaus kann eine hier beschriebene oder davon abweichende und modifizierte Ausführungsform der Erfindung ebenfalls genutzt werden, um kostengünstigere Rotor- und Schaufelwerkstoffe bei derzeitigen Dampfparametern zu verwenden.

[0039] Die Figuren der Zeichnung zeigen im Einzelnen:

FIG 1 ein bekanntes Kühlkonzept bei einem Dampfturbinenrotor, das auf die Kühlung im Einstrombereich des Arbeitsmediums beschränkt ist;

FIG 2 eine schematisierte Darstellung eines Kühlkonzepts bei einem Dampfturbinenrotor gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

FIG 3 eine Darstellung der Zuführung des Kühlmediums und der Leitung des Kühlmediums in einem rotorintegrierten, oberflächennahen Kanalsystem im Beschauelungsbereich bei der bevorzugten Ausführungsform;

FIG 4 eine Detaildarstellung entlang des Schnitts A-A bei dem Kanalsystem der FIG 3;

FIG 5 eine Detaildarstellung entlang des Schnitts B-B bei dem Kanalsystem der FIG 3;

FIG 6 eine Detaildarstellung entlang des Schnitts B-B bei einer abgewandelten Gestaltung des Kanalsystems der FIG 3;

FIG 7 eine schematisierte Darstellung einer Übertragungsmöglichkeit des Kühlmediums in den Bereich der Laufschaufelbefestigung gemäß der bevorzugten Ausführungsform;

FIG 8 eine Darstellung einer weiteren Übertragungsmöglichkeit des Kühlmediums in den Bereich der Laufschaufelbefestigung gemäß der bevorzugten Ausführungsform;

FIG 9 eine Darstellung einer weiteren Gestaltungsmöglichkeit des Kanalsystems zur Leitung des Kühlmediums im Bereich der Laufbeschauelung;

FIG 10 eine Darstellung noch einer weiteren Gestaltungsmöglichkeit des Kanalsystems zur Leitung des Kühlmediums im Bereich der Laufbeschauelung;

FIG 11 eine Darstellung zur Gestaltung eines Abschirmblechs in einem Überlappingsbereich.

[0040] Grundsätzlich werden bekannte Dampfturbinenrotoren als Vollstückrotoren und vollständig ohne aktive Kühlsysteme gefertigt. Im Stand der Technik gemäß der US 6,102,654 ist jedoch, wie in FIG 1 dargestellt, eine Dampfturbine 1 beschrieben, die ein auf die Kühlung im Einströmbereich beschränktes Kühlsystem aufweist. Diese weist einen auf einer Achse 2 drehbar angeordneten Rotor 3 auf, an dessen Rohrwelle eine Anzahl von Rotorschaukeln 4 angeordnet ist. Diese sind in einem stationären Gehäuse 5 mit einer Leitbeschaufelung 6 angeordnet. Der Rotor 3 wird über die Rotorschaukeln 4 durch das im Einströmbereich 7 einströmende Arbeitsmedium 8 angetrieben. Zusätzlich zum Arbeitsmedium 8 strömt über einen separaten Eingangsbereich 9 ein Kühlmedium 10 dem Arbeitsmedium 8 zu. Dabei kühlt das Kühlmedium 10 durch Anströmen ausschließlich einen ersten Kranz 11 der stationären Leitbeschaufelung sowie ein Abschirmblech 12. Dadurch wird die Temperaturbelastung des Rotors 3 und des ersten Leitschaufelkranzes 11 verringert. Zudem wird über eine Sperrleitung 13 Kühlfluid 10 von einem Eingangsbereich 9 des Kühlfluids 10 über den ersten Leitschaufelkranz 11 hinweg auf einen Bereich 14 geleitet, der direkt zwischen dem Gehäuse 5 und der ersten Rotorschaukel 15 liegt. Dadurch wird der Eingangsraum 9 des Kühlfluids 10 gegen das Arbeitsmedium 8 abgedichtet, wobei das Kühlfluid 10 als Sperrfluid wirkt. Der Kanal 13 selbst ist als Sperrleitung ausgelegt und wirkt nicht als Kühlleitung.

[0041] Bei der Kühlung des Rotors 3 wird Kühldampf 10a über einen separaten Stichkanal 16a einem im Wesentlichen zentralen Hohlraum 16b, welcher parallel der Rotorachse verläuft, zugeführt. Von dort wird ein solcher Kühldampf 10a auch über separate radiale Stichkanäle 16 wieder nach außen geführt. Der Kühldampf 10a wird darüber wieder der Hauptströmung in Bereichen 16c zugeführt, um den Rotor an einer Stelle zu kühlen. Das Kühlmedium 10a umströmt also im Wesentlichen den Rotor 3 in einem Einströmbereich 7 und in einem zentralen Hohlraum 16b. Eine effektive Kühlung des Rotors selbst ist dadurch nicht gegeben, da die Führung des Kühlmediums im zentralen Hohlraum 16b entfernt von der Rotoroberfläche erfolgt und somit nicht an einem Ort des Wärmeeintrags. Die separaten Kanäle 16a, 16 sind als Stichkanäle zur Kühlung einer bestimmten Stelle des Rotors ausgebildet und können ebenfalls keine effektive Kühlung des Rotors 3 bewirken, da sie radial von einem zentralen Hohlraum 16b zu einem Bereich der Hauptströmung 16c verlaufen. Die hier dargestellte Kühlung eines Rotors gemäß dem Stand der Technik ist noch verbesserungswürdig, da sie keine oberflächen-nahe Kühlung zur Verfügung stellt. Durch den zentralen Hohlraum tritt im Übrigen eine vergleichsweise hohe Rotorbeanspruchung auf, wobei zusätzlich auch noch

der Bearbeitungsaufwand für die Anbringung der Stichkanäle erhöht ist. Weiterhin bietet dieses Konzept keine hinreichende Abschirmung der Rotorwelle gegenüber der Hauptströmung des Dampfes.

[0042] FIG 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Dampfturbine 20 gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform. Diese weist einen Rotor 21 mit einer Anzahl von Rotorschaukeln 24 auf, welcher drehbar in einem Gehäuse 23 mit einer Anzahl von Leitschaufeln 22 gelagert ist. Turbine 20 mit Rotor 21 und Gehäuse 23 erstrecken sich dabei entlang einer axialen Ausdehnung 25. Die drehbaren Rotorschaukeln 24 greifen dabei wie Finger in Zwischenräume zwischen die stationären Leitschaufeln 22.

[0043] Der hier dargestellte Rotor 21 weist eine Außenseite 26a auf. Die Außenseite 26a grenzt an einen zur Aufnahme einer Hauptströmung 27 eines fluiden Arbeitsmediums vorgesehenen Außenraum 27a. Der Rotor weist eine Anzahl von Stellen an der Außenseite 26a auf, bei denen jeweils eine Laufschaufelreihe 24 gehalten ist. Dabei erstreckt sich gemäß der besonders bevorzugten Ausführungsform ein Kanalsystem 28 zur Führung eines Kühlmediums von einem ersten Bereich 28a entlang der Stellen für die Laufschaufeln 24 bis zu einem zweiten Bereich 28b durchgängig.

[0044] Dabei weist das Kanalsystem entlang der axialen Ausdehnung 25 eine Anzahl von Öffnungen 29 zur Hauptströmung 27 auf. Diese dienen in Zusammenwirkung mit den Durchtrittsöffnungen des Kanalsystems der stufenweisen Druckreduzierung des Kühlmediums parallel zur Hauptströmung 27. Von Stufe zu Stufe der Laufschaufeln 24 kann das Kühlmedium dabei vorzugsweise durch Strömungswiderstände gedrosselt werden. Dazu eignet sich, beispielsweise jeweils bei einer Laufschaufelstufe 24, der Durchtritt des Kühlmediums durch eine Bohrung. Bei der Drosselung wird der Druck ohne Verrichtung technischer Arbeit reduziert. Das Kühlmedium besitzt bei ähnlichem Druck und niedrigerer Temperatur eine höhere Dichte als das Strömungsmedium in der Hauptströmung, womit sich ein besseres Wärmeübergangsverhalten ergibt. Die durch Drosselung und Temperaturerhöhung bewirkte Volumenerhöhung des Kühlmediums kann vorteilhaft dadurch kompensiert werden, dass nach und nach ein Teil des Kühlmediums an die Hauptströmung über die Öffnungen 29 abgegeben wird. Dadurch wird auch eine gute Anpassung des Kühlmediumdruckes an den Druck der Hauptströmung erreicht. Die hier beschriebene Ausführungsform stellt somit ein offenes Kühlsystem dar.

[0045] Grundsätzlich könnte bei der bevorzugten Ausführungsform eines Dampfturbinenrotors auch eine hier nicht dargestellte Variante eines Kühlsystems als ein geschlossenes Kühlsystem vorgesehen werden. Dabei ergeben sich zwar einige Nachteile, die aber je nach Bedarf, wenn erwünscht, in Kauf genommen werden können. Bei einem geschlossenen Kühlsystem wird eine Abgabe des Kühlmediums an die Hauptströmung 27 nicht oder nur am Ende des gekühlten Bereichs rea-

lisiert. Dabei würden also die Öffnungen 29 des offenen Systems der FIG 2 im Wesentlichen entfallen. Kühlmedium würde lediglich von einem ersten Bereich 28a zu einem zweiten Bereich 28b geleitet, ohne dass dabei eine unmittelbare Druckanpassung an die Hauptströmung erfolgen würde. Der stufenweise Druckabbau könnte ebenfalls durch eine Drosselung vorgenommen werden. Eine Abgabe des Kühlmediums an die Hauptströmung findet jedenfalls nicht pro Schaufelstufe 24 statt. So kann bei einem geschlossenen Kühlsystem beispielsweise eine Abgabe des Kühlmediums an die Hauptströmung 27 gar nicht, nur im Endbereich 28b oder nur bei einer stark verringerten Anzahl von Stufen 24 erfolgen. Der Druck im Kanalsystem wird somit nur mittelbar an die Hauptströmung angepasst. Nachteilig dabei ist, dass die für das Kühlmedium erforderlichen Querschnitte durch Temperaturerhöhung und Druckabsenkung bei einem geschlossenen Kühlsystem im Verlauf des Kanalsystems deutlich anwachsen. Dies führt zu einer unerwünschten Reduzierung der tragenden Querschnitte von Schaufelfüßen und/oder dem Rotor, da eine Ausgestaltung des Kanalsystems 28 als geschlossenes Kanalsystem von einem ersten Bereich 28a zu einem zweiten Bereich 28b hin in seinem Querschnitt anwachsen müsste, um einer Erhöhung des Volumenstroms Rechnung zu tragen. Dies läuft zwar den Festigkeitsanforderungen im Rotor- und Schaufelbefestigungsbereich zuwider, könnte aber ausgeglichen werden. Sollte das Kühlmedium nach Wahrnehmung der Kühlungsaufgabe nicht an das Arbeitsmedium abgegeben werden können, beispielsweise aufgrund zu unterschiedlicher Druck- und Temperaturparameter, so würde das Kühlmedium in einem Bereich 28b separat vom Arbeitsmedium aus dem Rotor 21 geführt werden. Bei der Kühlung mehrerer Stufen 24 mit einem geschlossenen System stellt sich, je nach abgedecktem Expansionsbereich, ein hoher Differenzdruck zwischen strömendem Medium in der Hauptströmung 27 und dem Kühlmedium im geschlossenen Kanalsystem ein, wenn die Öffnungen 29 der FIG 2 nicht vorhanden sind. Dies wäre je nach Wahl des Kühlmitteldrucks durch eine relativ schlechtere Kühlwirkung oder bei hohem Kühlmitteldruck durch eine relativ höhere Differenzdruckbeanspruchung der Bauteile gekennzeichnet. Bei einer geringen Dichte des Kühlmediums weist dieses nämlich eine geringe Wärmekapazität auf und bewirkt damit einen schlechteren Wärmeübergang. Dennoch handelt es sich auch bei einem geschlossenen System um ein aktives Kühlsystem, das den Dampfturbinenrotor 21 im Vergleich zu einer passiven Kühlung oder im Vergleich zur nur begrenzten Kühlung im Einstrombereich eines Rotors erheblich besser kühlen kann.

[0046] Das offene Kanalsystem 28 weist zum einen eine durchgängige oberflächennahe Durchführung auf, von der mehrere Abzweigungen zu den Öffnungen 29 hin abbiegen. Des Weiteren handelt es sich bei der hier gezeigten Ausführungsform auch um ein zusammenhängendes Kanalsystem 28 in dem Sinne, dass mög-

lichst separate weitere Kanäle, die aus der Rotoroberfläche herauslaufen könnten, vermieden sind. Dies hat den Vorteil, dass der Kühldampfmassenstrom von Stufe zu Stufe abnehmen kann und dass der selbe Kühldampf über mehrere Stufen hinweg wirken kann. Im Vergleich zu aus dem Stand der Technik der FIG 1 bekannten Einzelkanälen 16 bei einem Rotor oder 13 bei einem Gehäuse, die separat geführt sind, bemisst sich der erforderliche Druck nämlich nach dem höchsten Druck der Hauptströmung. Bei den separaten Kanälen gemäß dem Stand der Technik wäre ein Druck für die nachfolgenden Stufen nicht mehr angepasst. Dies führt zu einer zusätzlichen Beanspruchung der Turbine durch einen höheren Differenzdruck. Auch würde ein höherer Druck in separaten Kanälen für mehrere Schaufelreihen zu einer erheblichen Steigerung der mechanischen Beanspruchung des Dampfturbinenrotors führen. Auch müsste für separate Kanäle ein zusätzlicher Aufwand für die Bereitstellung unterschiedlicher Druckstufen zur Verfügung gestellt werden, was nachteilig ist. Grundsätzlich könnte aber, wie im allgemeinen Teil der Beschreibung erläutert, im Rahmen einer Abwandlung ein Durchführungssystem flexibel ausgelegt und auch aus Teilsystemen aufgebaut sein.

[0047] In FIG 3 ist ein Dampfturbinenrotor 30 gemäß der bevorzugten Ausführungsform im gekühlten Beschauelungsbereich näher dargestellt. Eine entsprechende Dampfturbine 31 weist weiterhin ein nicht dargestelltes Gehäuse mit einer Leitbeschauelung 32 auf. Der Dampfturbinenrotor 30 sieht dabei eine erste Stelle 30a und eine zweite Stelle 30b entlang der Außenseite 33 vor, wobei entlang der axialen Ausdehnung 34 die zweite Stelle 30b hinter der ersten Stelle 30a angeordnet ist. Die Außenseite 33 grenzt dabei an einen Außenraum 35, der zur Aufnahme einer Hauptströmung 36 eines fluiden Arbeitsmediums vorgesehen ist. Allerdings ist in diesem Fall die Außenseite 33 nicht durch die eigentliche Oberfläche der Rotorwelle gebildet, sondern durch ein mit dem Rotor mitrotierendes Abschirmblech 38, das durch die Schaufelfüße 39a, 39b gehalten ist. Die Schaufelfüße 39a, 39b sind weiterhin in Schaufelnuten 40a, 40b verankert. Eine Anzahl von Schaufeln 41a wird entlang des Umfangs des Rotors 30 nebeneinander und jeweils in radialer Orientierung 42 angeordnet und bildet so eine erste, auch als Laufschaufelstufe bezeichnete Laufschaufelreihe an der Stelle 30a. Entsprechend ist eine Anzahl von zweiten Schaufeln 41b an einer zweiten Stelle 30b nebeneinander umfänglich in der Nut 40b angeordnet und bildet eine zweite Laufschaufelreihe.

[0048] Eine ergänzende oder alternative Abwandlung zu dem in FIG 3 dargestellten Abschirmblech 38 könnte auch durch eine angearbeitete Abschirmfläche an den Schaufelfüßen 39a, 39b erfolgen. Zwar würde dadurch ein zusätzlicher Material- und Fertigungsaufwand erforderlich werden, jedoch könnte eine ähnliche Abschirmwirkung wie mit einem Abschirmblech 38 erreicht werden und je nach Bedarf vorteilhaft sein.

[0049] Das Kanalsystem 43 der FIG 3 weist mindestens einen zwischen einem vor der ersten Stelle 30a angeordneten ersten Bereich und einem hinter der ersten Stelle 30a und bei dieser Ausführungsform auch hinter der zweiten Stelle 30b angeordneten zweiten Bereich durchgängig sich erstreckende Durchführung 44 auf. Die Durchführung 44 erstreckt sich bei dieser Ausführungsform praktisch entlang des gesamten Beschauungsbereichs des Rotors (Länge je nach Bedarf). Die Durchführung 44 wird zum einen von der Wandung 37 des Rotors 30 und zum anderen von dem Abschirmblech 38 gebildet. Eine Vielzahl solcher Durchführungen 44 ist in axialer Richtung 34 umfänglich entlang der Außenseite 33 des Rotors 30 angeordnet. Das Kanalsystem 43 weist außerdem eine Anzahl von umfänglich umlaufenden Nuten 45 auf, die bei dieser Ausführungsform entlang der axialen Ausdehnung 34 jeweils auf Höhe einer Leitschaufel 32 angeordnet sind. Die Leitschaufel 32 weist eine Deckplatte 32a auf. Die Durchführungen des Kanalsystems 43 können durch Fräsungen in der Oberfläche 37 der Rotorwelle aufgebracht werden und durch flächige Bauelemente des Abschirmblechs 38 abgedeckt werden. Dabei bezieht das Kanalsystem 43 auch Schaufelnuten (FIG 9, FIG 10) und/oder Bohrungen 46a, 46b (FIG 5, FIG 6, FIG 9, FIG 10) in Schaufelfüßen 39a, 39b mit in den Strömungsverlauf ein.

[0050] Das Durchführungssystem 43 weist außerdem Öffnungen 47, 48 und 49 zur Anpassung des Druckes des Kühlmittelstroms an den Druck des Arbeitsmediumstroms durch Abgabe eines Teils des Kühlmittelstroms an die Hauptströmung auf.

[0051] Die Abschirmung durch ein Abschirmblech 38 im Beschauungsbereich kann durch eine Abschirmung auch des Einstrombereichs des Kühlmittels mittels eines weiteren Abschirmbleches erreicht werden, welches hier nicht dargestellt ist, und weitere Vorteile hinsichtlich der Oxidation des Turbinenrotormaterials mit sich bringt.

[0052] Alternativ oder zusätzlich zu einem Abschirmblech 38 kann ein Durchführungssystem 43 oder eine Durchführung 44, 45 auch in Form von Bohrungen oder auf andere geeignete Weise innerhalb des Rotors 30 oberflächennah angebracht sein.

[0053] In FIG 4 ist die Ansicht des Schnittes A-A der FIG 3 gezeigt. Dabei ist die umlaufende Nut 45 der FIG 3 in gestrichelter Linie ausgeführt. Entsprechend ist die axiale Nut 44 als Einbuchtung in der Oberfläche 37 der Rotorwelle des Dampfturbinenrotors schematisch angedeutet.

[0054] FIG 5 zeigt eine Möglichkeit zur Anbringung einer Bohrung 46a in einem Schaufelfuß 39a. Eine Vielzahl entlang des Rotors umfänglich nebeneinander angeordneter Schaufelfüße 39a, 39a' mit Bohrungen 46a, 46a' bildet eine Schaufelreihe an der Stelle 30a.

[0055] Eine alternative Ausführung der Bohrungen 46a, 46a' der FIG 3 ist in FIG 6 als Bohrung 46a" gezeigt. Eine Bohrung 46a" ist in jeweils zwei be-

nachbarten Schaufelfüßen 39a" angebracht.

[0056] Im Gegensatz zu Gasturbinen weist bei Dampfturbinen das einer Teilturbine zuströmende Arbeitsmedium mit der höchsten Temperatur gleichzeitig den höchsten Druck auf. Um insbesondere ein offenes Kühlsystem für eine Dampfturbine zu verwirklichen, müssen also geeignete Maßnahmen zur Zuführung des Kühlmediums getroffen werden. Eine Zuführung des Kühlmediums kann nach Entnahme eines solchen Mediums aus dem Wasser-Dampf-Kreislauf an einer Stelle höheren Druckes und hinreichend niedriger Temperatur erfolgen. Geeignete Entnahmestellen sind insbesondere:

- vor Eintritt in die der Teilturbine vorgeschalteten Überhitzer Teile des Kessels,
- vor Eintritt in den Kessel überhaupt,
- nach dem Austritt aus einer vorgeschalteten Teilturbine,
- aus einer Anzapfung aus einer vorgeschalteten Teilturbine,
- durch separate Bereitstellung mittels einer geeigneten Pumpe, die das Kühlmedium an einer Stelle niedrigen Drucks aus der Vorwärmstelle entnimmt und auf den erforderlichen Druck bringt. Um einem Kühlausfall bei Ausfall der Pumpe entgegenzuwirken, ist ein zusätzlicher Aufwand, gegebenenfalls ein redundanter Aufbau erforderlich.

[0057] FIG 7 zeigt eine Möglichkeit der Übertragung eines Kühlmediums 71 von einem Bereich 72 vor einer ersten Leitschaufelreihe 78 in einen weiteren Bereich 73 der Laufschaufelbefestigung entlang der axialen Ausdehnung 74 hinter der ersten Leitschaufelreihe 78. Dargestellt ist hier ein Innengehäuse 76a, das in einem Außengehäuse 76 einer Dampfturbine 77 angebracht ist. Das Kühlmedium kann über eine Zuführung 70 in ein oberflächennahes Kanalsystem 79 im Rotor 75 eingebracht werden und entlang der axialen Ausdehnung 74 im Bereich der Laufbeschauung 75a geführt werden. Parallel kann das Kühlmedium den Dichtungsbereich durchströmen (Kühlung, Reduzierung der Enthalpieverluste).

[0058] Der Strom 69 des Kühlmediums 71 im Außengehäuse 76 dient der Kühlung des Außengehäuses. Der Zustrom des Kühlmediums wird durch sicherheitstechnischen Anforderungen genügende Ventile geregelt.

[0059] Zusätzlich zu der Einleitungsmöglichkeit 70 des Kühlmediums in FIG 7 könnte Kühlmedium auch im Bereich der Einstromung des Arbeitsmediums in das rotorintegrierte Kanalsystem 79 eingeleitet werden. Die FIG 8 zeigt eine weitere vorteilhafte Möglichkeit der Einleitung von Kühlmedium 80 bei einer bevorzugten Ausführungsform, die bei einer Turbine 1 der FIG 1 gemäß dem Stand der Technik nunmehr eine oberflächennahe Kühlung zur Verfügung stellt. Die einander entsprechenden Teile der Turbine 1 gemäß dem Stand der

Technik und der Turbine 81 gemäß der besonders bevorzugten Ausführungsform sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im Folgenden wird das aktive Kühlsystem zur Führung des Kühlmediums 80 zur aktiven Kühlung des Rotors 83 beschrieben. Das Kühlmedium 80 wird über einen Eingangsbereich 9 zum einen, wie bereits in FIG 1 gezeigt, einem Einströmbereich des Arbeitsmediums 8 zugeführt. Des Weiteren wird es aber durch ein Abschirmblech 12 hindurch geleitet und in einem Raum 82 hinter dem Abschirmblech 12 wird das Kühlmedium 80 entlang der axialen Ausdehnung 85 innerhalb der Rotorwandung oberflächennah, d. h. im Bereich 84 der Befestigung der Rotorschaukeln 15 geführt. Insbesondere wird das Kühlmedium 80 entlang der axialen Ausdehnung 85 wenigstens zwischen einem vor dem ersten Laufschaufelkranz 15 angeordneten ersten Bereich 82 und einem hinter dem ersten Laufschaufelkranz 15 angeordneten zweiten Bereich 88 durchgängig geführt. Bei dieser Ausführungsform der Turbine 81 wird der erste Bereich 82 genutzt, um das Kühlmedium 80 dem oberflächennahen axialen Durchführungssystem des Rotors 83 zuzuführen. Obwohl hier nicht dargestellt, kann das Kühlmedium 80 außerdem praktisch entlang des gesamten Laufbeschaufelungsbereichs des Rotors 83 geführt werden (tatsächliche Ausgestaltung (Länge) nach technischen Erfordernissen). Insbesondere können dabei einzeln oder in Kombination alle weiteren anhand der übrigen Figuren beschriebenen Maßnahmen zur Ausbildung des aktiven Kühlsystems bei der Turbine 81 vorgesehen werden. Insbesondere ist auch bei dieser Ausführungsform der FIG 8 das Kühlsystem als offenes Kühlsystem ausgelegt.

[0060] Bei Austritt des Kühlmediums am Ende des Kanalsystems in die Hauptströmung ist das Kühlmedium der Hauptströmung nicht nur im Druck, sondern auch in der Temperatur der Hauptströmung weitgehend angepasst. Dies ist eine Folge der Wärmeaufnahme des Kühlmediums im gekühlten Beschaufelungsbereich. Das Kühlmedium nimmt dann an der weiteren Expansion in der Hauptströmung Teil. Dies ist ein besonderer Vorteil eines offenen Kühlsystems, was somit einen Enthalpietransport vom gekühlten Beschaufelungsbereich in den nicht gekühlten Bereich bewirkt.

[0061] Die sicherheitstechnische Überwachung des Kühlmediums hat bei der hier gezeigten Ausführungsform vor allem die Temperatur des Kühlmediums zu regeln. Dabei ist zu beachten, dass eine vorzeitige Kondensation/Tröpfchenbildung in der Strömung und im Kanalsystem auch bei Teillasten ausgeschlossen ist. Des Weiteren sollte eine Überhitzung der wesentlichen Bauteile wie Rotor, Schaukeln bzw. Schaufelbefestigungen für alle relevanten Lastfälle ausgeschlossen sein. Nach technischem Erfordernis kann eine Vertrimmung zwischen Turbinenventilen und Kühlmediumventilen vorgesehen werden.

[0062] Das beschriebene Kanalsystem der bevorzugten Ausführungsform kann auch für Vorwärmzwecke vorteilhaft verwendet werden, indem geeignetes Medi-

um beim Anfahrvorgang eingespeist wird. Dieses kann auch von anderen Stellen des Wasser-Dampf-Kreislaufs entnommen werden als das spätere eigentliche Kühlmedium. Vorteilhaft wirkt sich hierbei aus, dass das Vorwärmmedium im Kanalsystem gedrosselt wird und zumindest hier nicht zum Hochlauf eines Wellenstranges beiträgt. Analog kann dieses Verfahren auch zur Schnellabkühlung verwendet werden. Bei zukünftigen Rotoren oder Rotorwerkstoffen können die geschilderten Vorgehensweisen einen Vorteil hinsichtlich der Anfahrzeiten und Abkühlzeiten bieten.

[0063] FIG 9 zeigt eine weitere Gestaltung eines Kanalsystems zur Leitung des Kühlmediums im Bereich eines Schaufelfußes 90, der in einer Nut 91 in einem Turbinenrotor 92 verankert ist. Die axiale Durchführung 93 der bevorzugten Ausführungsform ist im Bereich einer Leitschaufel 94 tiefer in das Innere eines Rotors 92 eingelassen und weist so einen beispielhaft dreieckförmigen Verlauf im Bereich der Gehäuseschaufel 94 auf. Jeder andere Verlauf ist möglich. Die Durchführung 93 ist über Kanäle 99 zur Hauptströmung offen. In den Bereich der Durchführung wird zusätzlich eine Schaufelnut 95 mit einbezogen. Zudem erfolgt die Durchführung durch einen Schaufelfuß 90 mittels eines Kanals 96, welcher oberhalb der Taille 97 des Schaufelfußes näher zum Schaufelblatt 98 hin angeordnet ist. Dies hat den Vorteil, dass die Festigkeit der Schaufelfußtaille 97 nicht beeinträchtigt wird.

[0064] In FIG 10 ist noch eine weitere Gestaltung ähnlich der in FIG 9 gezeigten dargestellt. Im Unterschied zu FIG 9 erfolgt eine Durchführung 106 auch im Bereich eines Schaufelblattes 108. Im Bereich des Schaufelblattes 108 gehen von der Durchführung 106 Kanäle 110 ab, welche Kühlmedium von einer Durchführung 106 auf die Schaufelblattoberfläche 108 leiten, um eine Filmkühlung bereitzustellen.

[0065] Des Weiteren wird auch Kühlmedium über einen Kanal 109 im Bereich einer Gehäuseschaufel 104 an die Hauptströmung des Arbeitsmediums abgegeben. Weitere Details 100, 101, 102, 103, 107 entsprechen den in FIG 9 dargestellten.

[0066] In FIG 11 ist eine günstige Anordnung eines ersten Abschirmblechs 120 und eines zweiten Abschirmblechs 121 im Bereich einer Stoßstelle 122 gezeigt. Die hier dargestellte Detailausführung kann vorteilhaft bei einer Abschirmung 38 mit Durchgangsöffnungen 123 und 124 in FIG 11 oder 47, 48 und 49 in FIG 3 vorgenommen werden. Ein solches Abschirmblech ist vorteilhaft aus einem geeigneten, z. B. hochwarmfesten Werkstoff hergestellt. Es besteht bei dieser Ausführung aus Teilstücken 120, 121, welche an ihren Stoßstellen 122 bevorzugt eine für unterschiedliche Temperaturen bewegliche Überdeckung 125, 126 aufweisen.

[0067] In der in FIG 3 gezeigten Ausgestaltung liegt das Abschirmblech im Bereich der Leitschaufeldeckplatten und sollte entsprechende Dichtspitzen, d. h. berührungslose Dichtungen aufweisen. Hierzu könnten

Dichtspitzen umlaufend angedreht, d. h. aus dem Vollen gefertigt werden, oder Dichtbänder eingestemmt werden. Das, was sich als vorteilhaft erweist, kann je nach Festigkeits- und Fertigungsanforderungen des Materials und der Konstruktion im Einzelnen festgelegt werden.

[0068] Wenn das Kühlmedium über die Wellendichtung der Leitschaufeln an die Hauptströmung abgegeben wird, kann unter Umständen der Wirkungsgradverlust durch den über diese Dichtungen strömenden Leckmassenstrom reduziert werden. Der Leckmassenstrom besteht in diesem Fall nicht aus heißem Medium der Hauptströmung, sondern aus Kühlmedium mit geringerer Enthalpie. Möglicherweise wird dieser Effekt jedoch durch eine geringere Anzahl von Dichtspitzen aufgrund des Platzbedarfs zur Einleitung des Kühlmediums wieder aufgezehrt.

[0069] Zusammenfassend sind ein Dampfturbinenrotor, eine Dampfturbine und ein Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors sowie eine geeignete Verwendung der Kühlung vorgeschlagen worden.

[0070] Bei bisher bekannten Dampfturbinen 1 wird ein Rotor entweder nur passiv oder nur in einem Einströmbereich des Arbeitsmediums in begrenztem Maße aktiv gekühlt. Bei einer zunehmenden Beanspruchung des Rotors durch erhöhte Dampfparameter des Arbeitsmediums ist eine ausreichende Kühlung des Dampfturbinenrotors nicht mehr gewährleistet. Der vorgeschlagene Dampfturbinenrotor 21, 30 erstreckt sich entlang einer axialen Ausdehnung 25, 34 und weist auf: ein oberflächennahes Kanalsystem entlang der axialen Ausdehnung 25, 34, eine Außenseite 26a, die an einen Außenraum 27a, 35 grenzt, der zur Aufnahme einer Hauptströmung 27, 36 eines fluiden Arbeitsmediums 8 vorgesehen ist, eine erste Stelle 30a entlang der Außenseite 26a, 33 bei der eine erste Schaufel 41a gehalten ist, eine zweite Stelle 30b entlang der Außenseite 26a, 33, bei der eine zweite Schaufel 41b gehalten ist, wobei entlang der axialen Ausdehnung 25, 34 die zweite Stelle 30b hinter der ersten Stelle 30a angeordnet ist. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Kühlung ist dabei mindestens eine Durchführung 44, 46a, 46b, 93, 96, 103, 106 vorgesehen, die sich, oberflächennah angeordnet, wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle 30a angeordneten ersten Bereich 28a, 72 und einem hinter der zweiten Stelle 30b angeordneten zweiten Bereich 28b, 73 durchgängig erstreckt. Es wird ein Verfahren und eine Verwendung vorgeschlagen, bei dem ein fluides Kühlmedium 10 entsprechend geführt wird.

Patentansprüche

1. Dampfturbinenrotor (21, 30, 75), der sich entlang einer axialen Ausdehnung (25, 34) erstreckt, aufweisend:

- eine Außenseite (26a), die an einen Außen-

raum (27a, 35) grenzt, der zur Aufnahme einer Hauptströmung (27, 36) eines fluiden Arbeitsmediums (8) vorgesehen ist,

- eine erste Stelle (30a) entlang der Außenseite (26a, 33), bei der eine erste Schaufel (41a) gehalten ist,

gekennzeichnet durch

- mindestens eine integrierte Durchführung (44, 46a, 46b, 93, 96, 103, 106), die sich wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle (30a) angeordneten ersten Bereich (28a, 72) und einem hinter der ersten Stelle (30a) angeordneten zweiten Bereich (28b, 73) durchgängig erstreckt.

2. Dampfturbinenrotor nach Anspruch 1,

gekennzeichnet durch

- eine zweite Stelle (30b) entlang der Außenseite (26a), bei der eine zweite Schaufel (41b) gehalten ist, wobei entlang der axialen Ausdehnung (25, 34) die zweite Stelle (30b) hinter der ersten Stelle (30a) angeordnet ist und wobei sich die Durchführung (44, 46a, 46b, 93, 96, 103, 106) wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle (30a) angeordneten ersten Bereich (28a, 72) und einem hinter der zweiten Stelle (30b) angeordneten zweiten Bereich (28b, 73) durchgängig erstreckt.

3. Dampfturbinenrotor nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

- zwischen der ersten Stelle (30a) und der zweiten Stelle (30b) eine Anzahl von weiteren Stellen angeordnet ist, bei denen jeweils eine Schaufel (41a, 41b) gehalten ist.

4. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die mindestens eine Durchführung (44, 46a, 46b, 93, 96, 103, 106) Teil eines zusammenhängenden Durchführungssystems (43) ist, das sich entlang der axialen Ausdehnung (25, 34) erstreckt.

5. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die mindestens eine Durchführung (44, 46a, 46b, 93, 96, 103, 106) Teil eines zusammenhängenden Durchführungssystems (43) ist, das eine externe Zuführung (70) aufweist, die für die Zuströmung von Kühlmedium (10, 71) vorgesehen ist.

6. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die mindestens eine Durchführung (44, 46a, 46b,

- 93, 96, 103, 106) Teil eines zusammenhängenden Durchführungssystems (43) ist, das einen entlang einer umfänglichen Ausdehnung des Rotors (21, 30, 75) wenigstens teilweise umlaufenden Kanal (45) aufweist. 5
7. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der erste Bereich (28a) eine erste Öffnung (49, 99, 109) zur Hauptströmung (27, 36) aufweist. 10
8. Dampfturbinen-Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
der zweite Bereich (28b) eine zweite Öffnung (47, 99, 109) zur Hauptströmung (27, 36) aufweist. 15
9. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Außenseite (26a) des Rotors (21, 30, 75) durch ein mit dem Rotor (21, 30, 75) mitdrehbares Abschirmblech (38) gebildet ist. 20
10. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein mit dem Rotor (21, 30, 75) mitdrehbares Abschirmblech (38) durch eine Schaufel (41a, 41b), insbesondere einen Schaufelfuß (39a, 39b), gehalten ist. 25
11. Dampfturbinenrotor nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Abschirmung der Rotorwelle gegen die Hauptströmung des Dampfes zumindest teilweise von einem Schaufelfuß (39a, 39b) gebildet ist. 30
12. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Durchführung (46a, 46b, 96, 106) durch eine Schaufel (41a, 41b), insbesondere durch einen Schaufelfuß (39a, 39b), geführt ist. 35
13. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **gekennzeichnet durch**
eine Nut (40a, 40b) an einem Schaufelfuß (39a, 39b), welche Teil der Durchführung (44) ist. 40
14. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **gekennzeichnet durch**
eine Bohrung (46a, 46a') **durch** einen einzelnen Schaufelfuß (39a, 39a') und/oder eine Bohrung (46a'') **durch** zwei benachbarte Schaufelfüße (39a''), welche Teil der Durchführung (44) ist. 45
15. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **gekennzeichnet durch**
einen Kanal (106, 110) in einem Schaufelblatt (108), der mit der Durchführung (44) zusammenhängend verbunden ist. 50
16. Dampfturbinenrotor nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
auf einer Schaufeloberfläche eine Wärme-Isolationsbeschichtung aus einem Material vorgesehen ist, das einen im Vergleich zum Grundwerkstoff der Schaufel geringeren Wärmeleitkoeffizienten aufweist. 55
17. Dampfturbine (77, 20),
aufweisend einen Dampfturbinenrotor (21, 30, 75) nach einem der Ansprüche 1 bis 16.
18. Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors (21, 30, 75),
der sich entlang einer axialen Ausdehnung (25, 34) erstreckt und
- eine Außenseite (26a), die an einen Außenraum (27a, 35) grenzt, der zur Aufnahme einer Hauptströmung (27, 36) eines fluiden Arbeitsmediums (8) vorgesehen ist,
 - eine erste Stelle (30a) entlang der Außenseite (26a, 33), bei der eine erste Schaufel (41a) gehalten ist,
- aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
- ein fluides Kühlmedium (10, 71) innerhalb des Dampfturbinenrotors (21, 30, 75) entlang der axialen Ausdehnung (25) wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle (30a) angeordneten ersten Bereich (28a, 72) und einem hinter der ersten Stelle (30a) angeordneten zweiten Bereich (28b, 73) durchgängig geführt wird.
19. Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Dampfturbinenrotor (21, 30, 75) eine zweite Stelle (30b) entlang der Außenseite (26a, 33) aufweist, bei der eine zweite Schaufel (41b) gehalten ist, wobei entlang der axialen Ausdehnung (25, 34) die zweite Stelle (30b) hinter der ersten Stelle (30a) angeordnet ist und wobei das fluide Kühlmedium (10, 71) wenigstens zwischen einem vor der ersten Stelle (30a) angeordneten ersten Bereich (28a, 72) und einem hinter der zweiten Stelle (30b) angeordneten zweiten Bereich (28b, 73) durchgängig geführt wird.

20. Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das Kühlmedium (10, 71) in einem zusammenhängenden Durchführungssystem (43) entlang der axialen Ausdehnung (25, 34) über die erste Stelle (30a) und die zweite Stelle (30b) und eine Anzahl von dazwischenliegenden weiteren Stellen (24), bei denen jeweils eine Schaufel (41a, 41b) gehalten ist, geführt wird. 5 10
21. Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors nach einem der Ansprüche 18 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das Kühlmedium (10, 71) dem Dampfturbinenrotor (21, 30, 75) von extern (70) zugeführt wird. 15
22. Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors nach einem der Ansprüche 18 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass 20
 das Kühlmedium mit einem Druck geführt wird, der einen Druck der Hauptströmung (27, 36) übersteigt.
23. Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors nach einem der Ansprüche 18 bis 22, 25
dadurch gekennzeichnet, dass
 das Kühlmedium (10, 71) mit einem Druck geführt wird, der in Abhängigkeit eines Druckes der Hauptströmung (27, 36) angepasst (47, 48, 49, 99, 109), insbesondere gedrosselt wird. 30
24. Verfahren zur aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors nach einem der Ansprüche 18 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, dass 35
 das Kühlmedium (10, 71) mit einer Temperatur und/oder einer Menge zugeführt wird, die in Abhängigkeit einer Temperatur der Hauptströmung (27, 36) angepasst (47, 48, 49, 99, 109) wird.
25. Verwendung einer aktiven Kühlung eines Dampfturbinenrotors (21, 30, 75) zum An- und/oder Abfahren einer Dampfturbine (77, 20), insbesondere zur Schnellabkühlung einer Dampfturbine (77, 20). 40

45

50

55

FIG 1

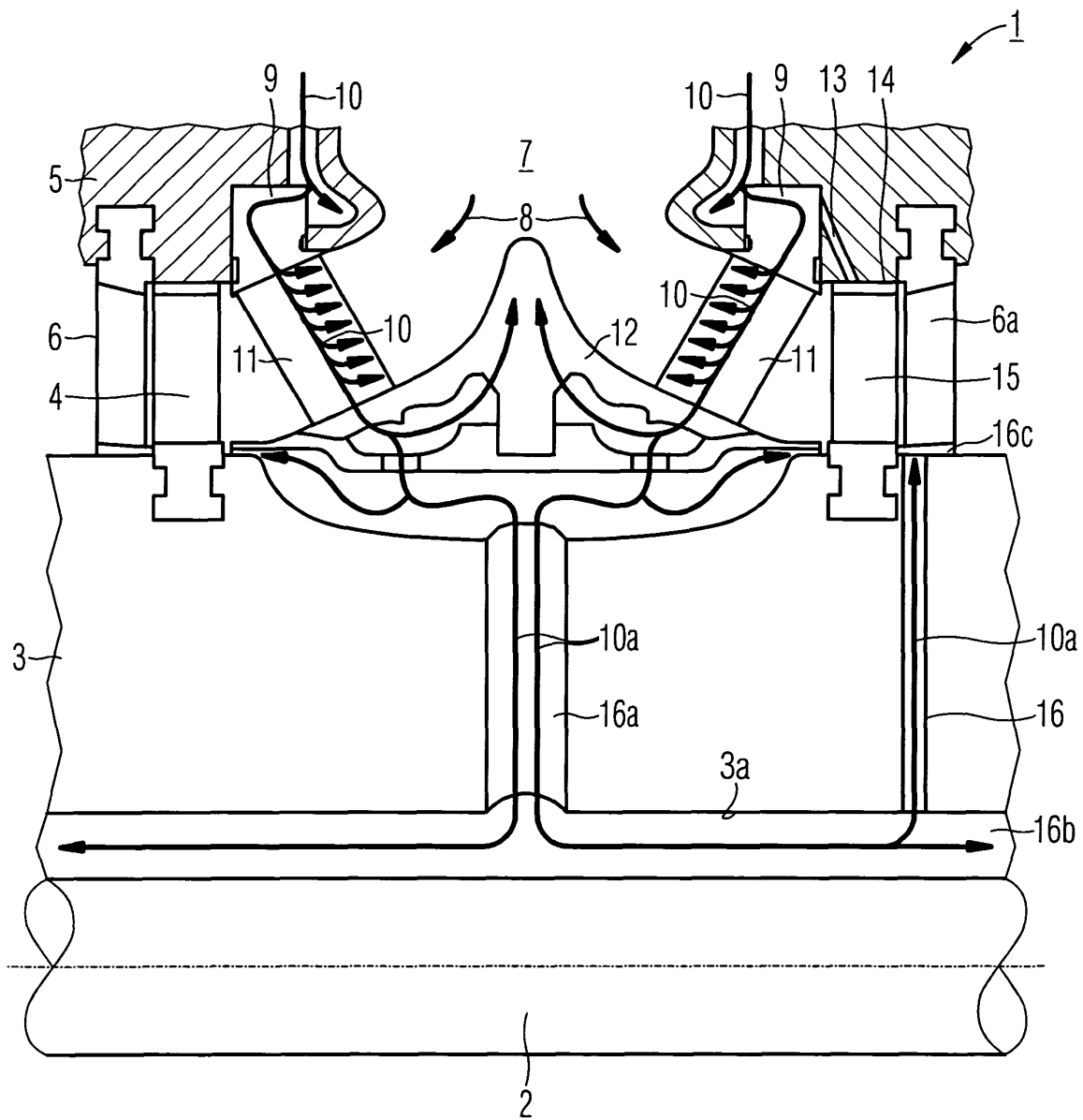


FIG 2

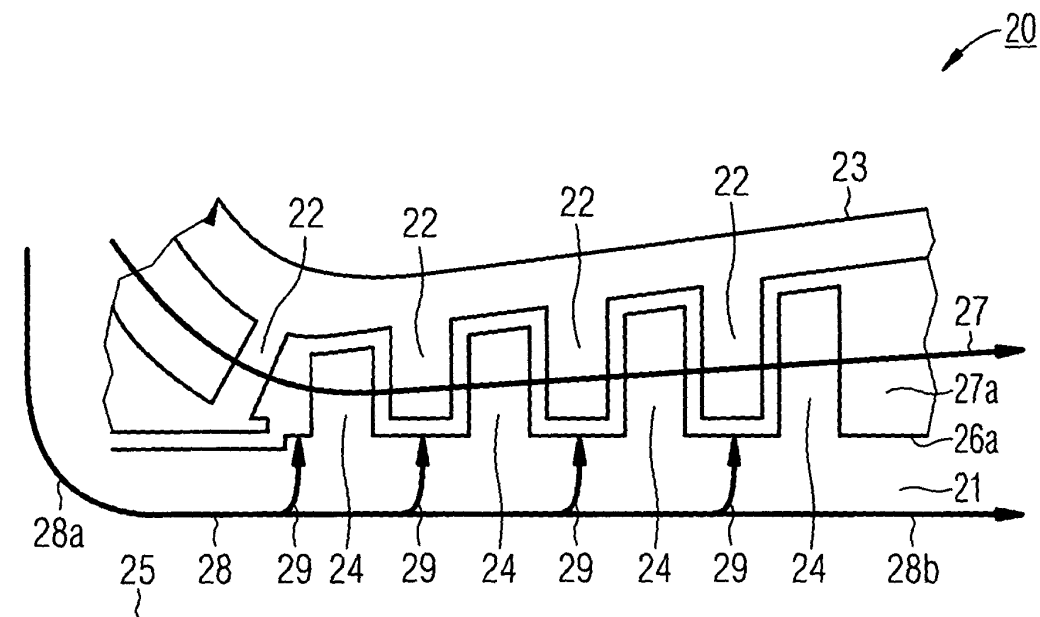


FIG 3

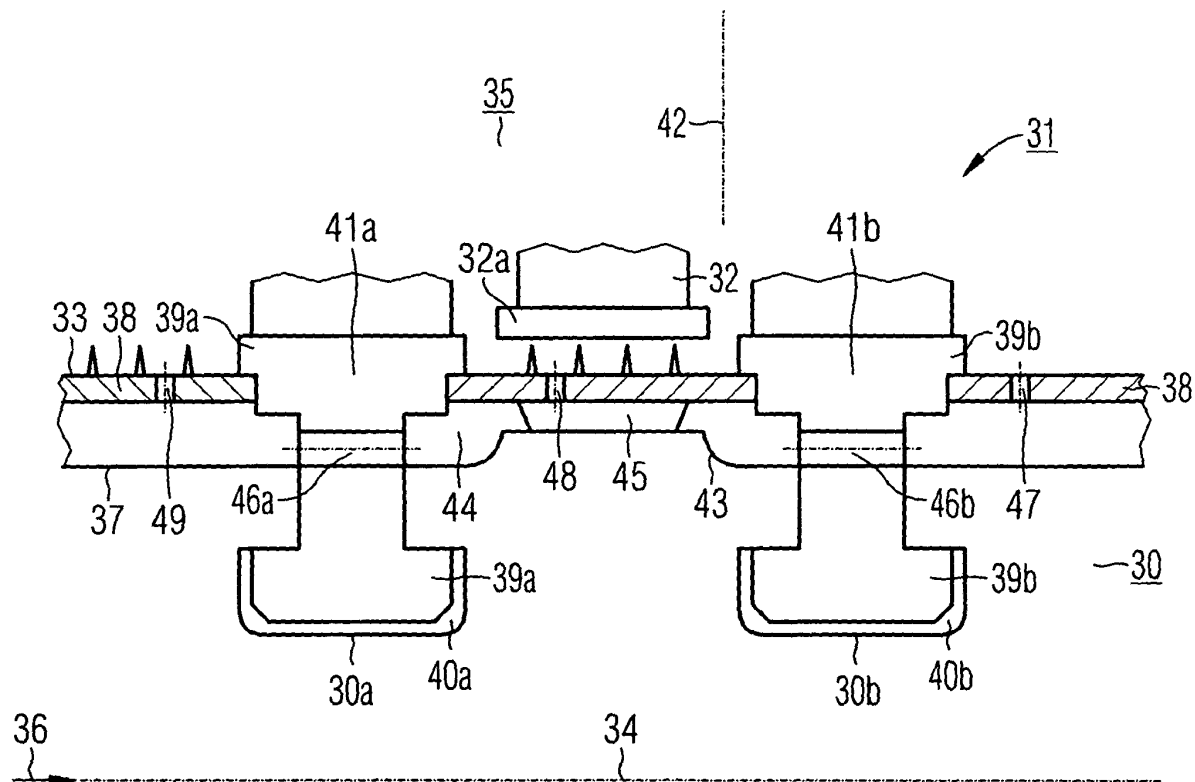


FIG 4

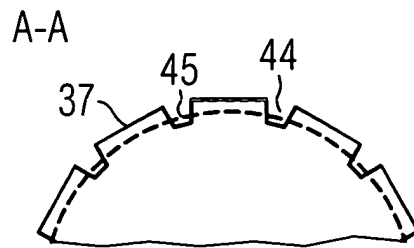


FIG 5

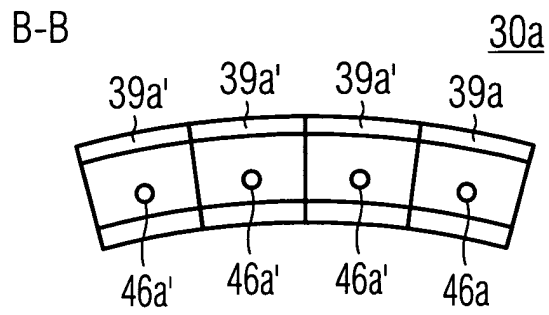


FIG 6

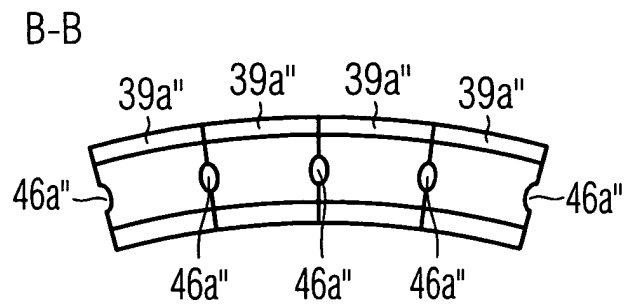


FIG 7

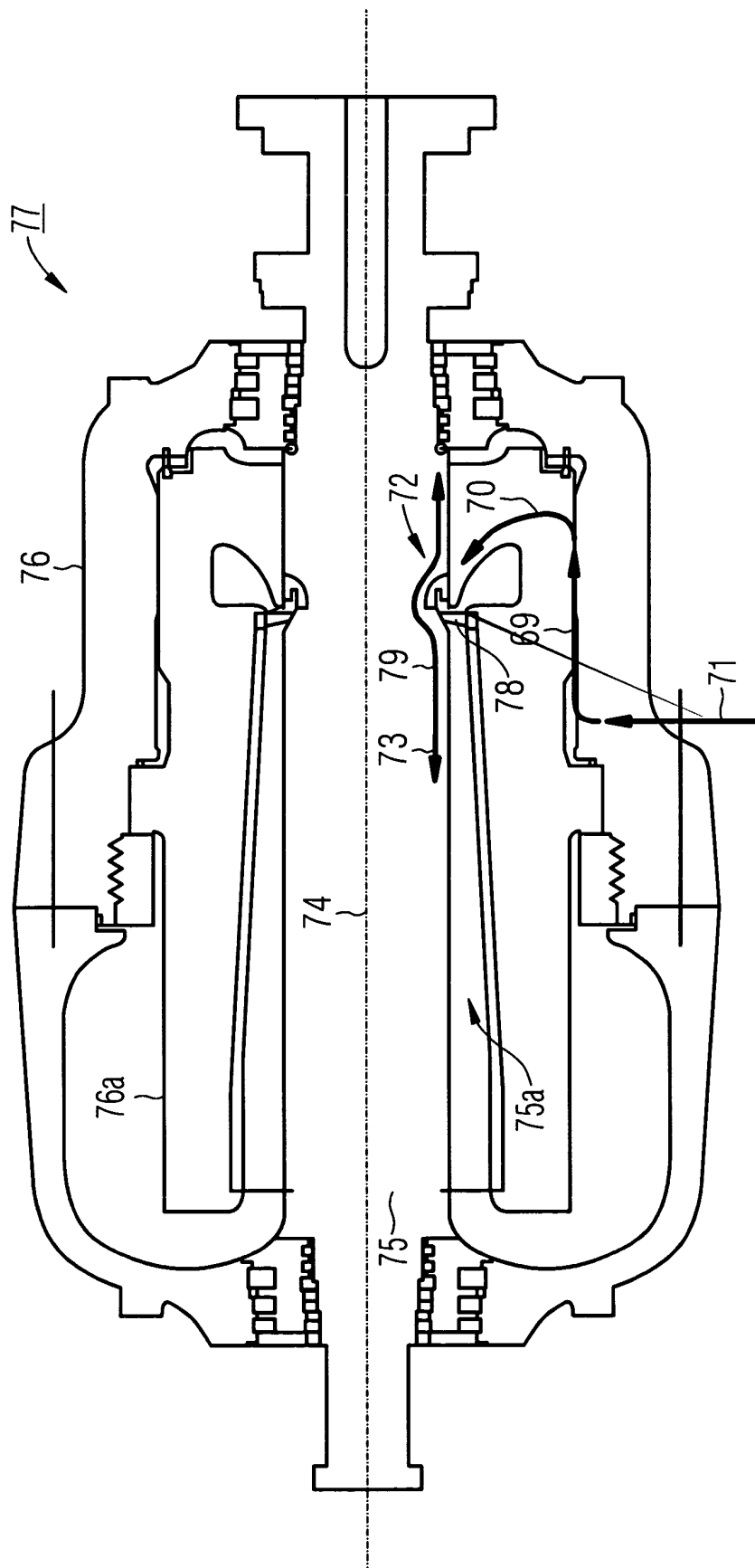


FIG 8

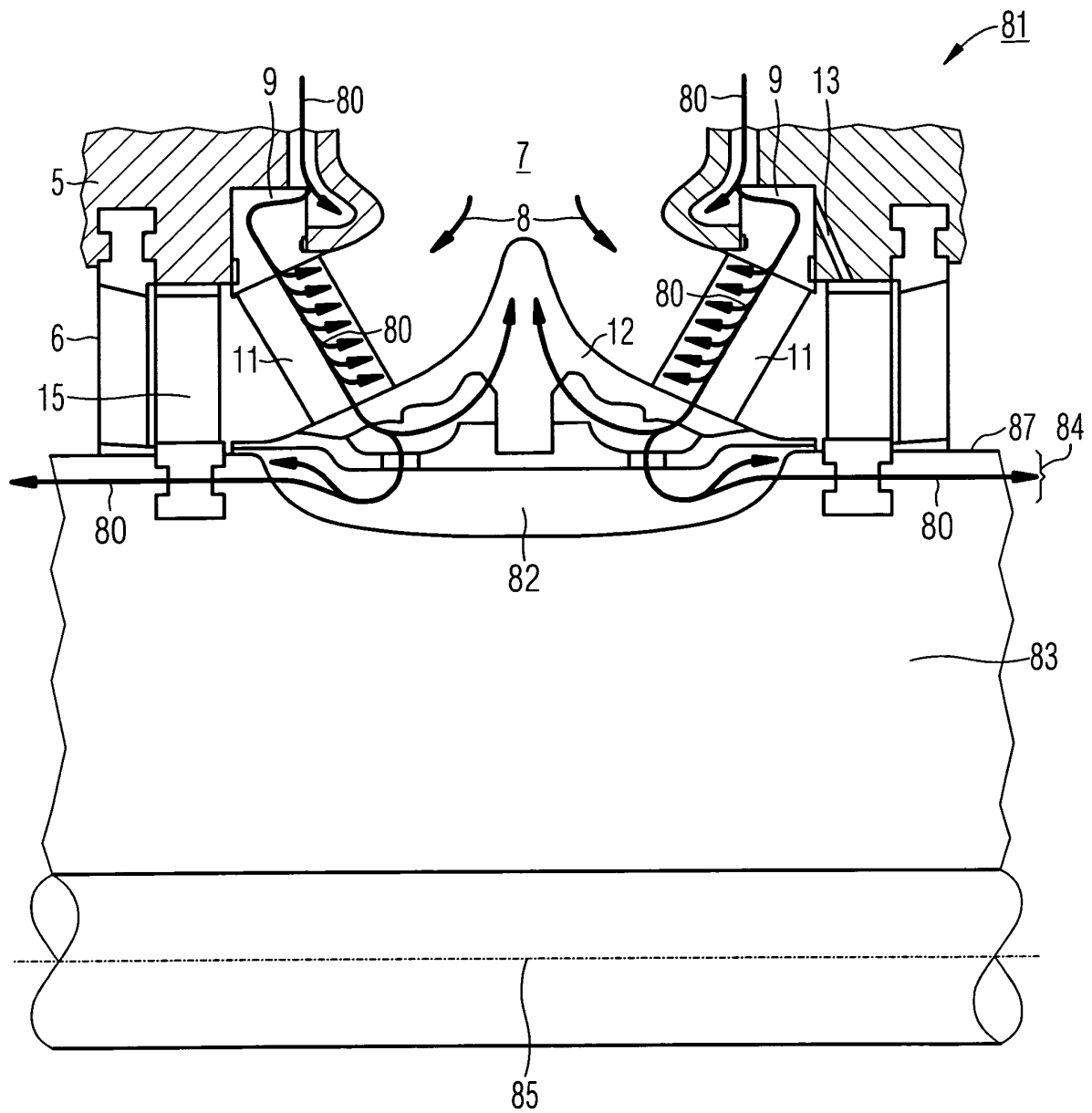


FIG 9

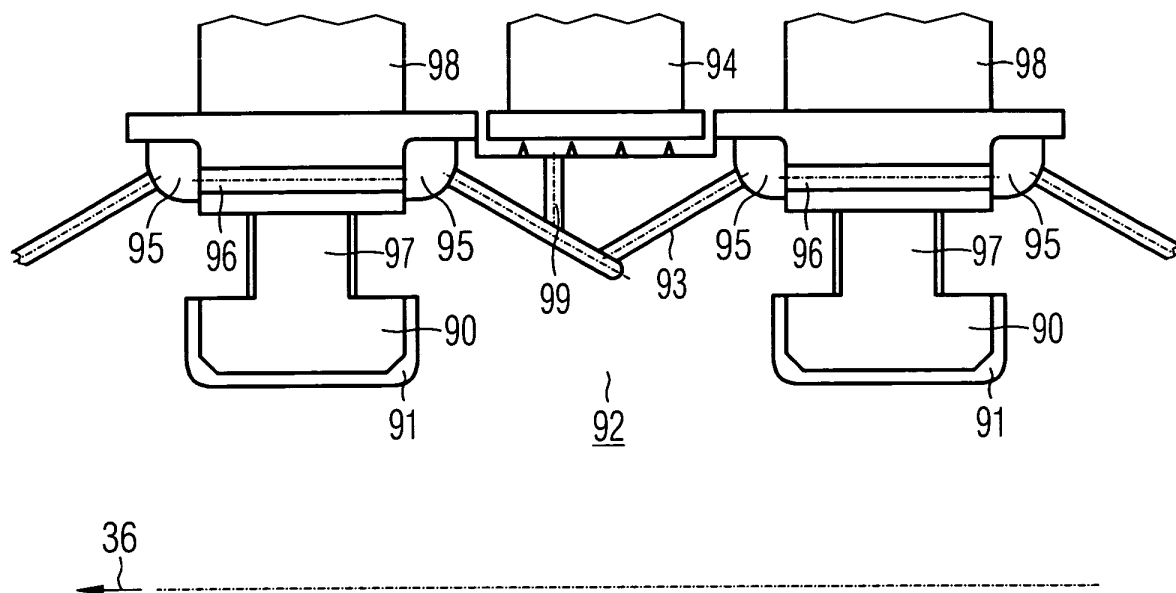
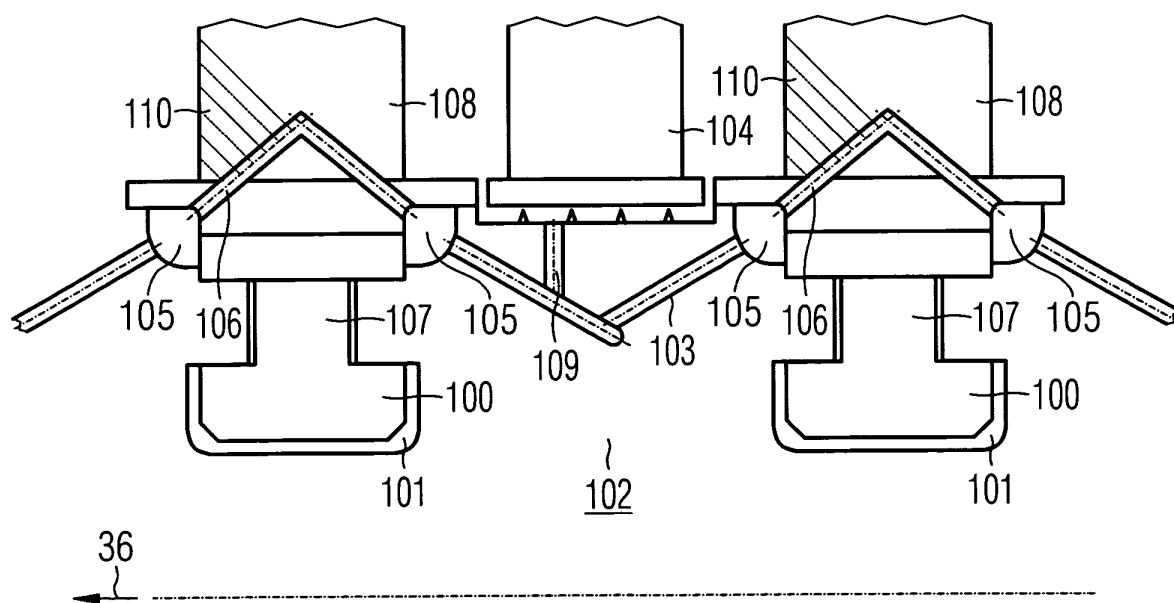


FIG 10





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 00 2472

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 2 815 645 A (DOWNS JACK E) 10. Dezember 1957 (1957-12-10) * Spalte 7, Zeile 55 - Spalte 8, Zeile 2 * * Abbildung 2 *	1-5,7,8, 12,14, 17-25	F01D5/08
Y	---	16	
Y	EP 1 209 321 A (GEN ELECTRIC) 29. Mai 2002 (2002-05-29) * Zusammenfassung *	16	
X	US 4 551 063 A (EXNER GERHARD ET AL) 5. November 1985 (1985-11-05) * Spalte 4, Zeile 7 - Spalte 5, Zeile 10 * * Abbildungen 2,3 *	1,2,4-8, 12-14, 17-25	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 326 (M-441), 21. Dezember 1985 (1985-12-21) & JP 60 159304 A (TOSHIBA KK), 20. August 1985 (1985-08-20) * Zusammenfassung *	1,4,7, 12,14, 17,18,25	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 250 (M-254), 8. November 1983 (1983-11-08) & JP 58 135304 A (TOKYO SHIBAURA DENKI KK), 11. August 1983 (1983-08-11) * Zusammenfassung *	1,9-11, 18,25	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D
X	US 3 291 447 A (BRANDON RONALD E) 13. Dezember 1966 (1966-12-13) * Spalte 3, Zeile 3 - Zeile 49 * * Abbildung 1 *	1,15,18, 25	
-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	18. Juli 2003	Steinhauser, U	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 00 2472

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 2 451 261 A (SMITH ARTHUR R ET AL) 12. Oktober 1948 (1948-10-12) * Spalte 3, Zeile 52 - Zeile 72 * * Abbildung 1 *	1, 18, 25	
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 146 (M-482), 28. Mai 1986 (1986-05-28) & JP 61 001809 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 7. Januar 1986 (1986-01-07) * Zusammenfassung *	1-25	
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 279 (M-262), 13. Dezember 1983 (1983-12-13) & JP 58 155203 A (TOKYO SHIBAURA DENKI KK), 14. September 1983 (1983-09-14) * Zusammenfassung *	15	
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 261 (M-257), 19. November 1983 (1983-11-19) & JP 58 143102 A (TOKYO SHIBAURA DENKI KK), 25. August 1983 (1983-08-25) * Zusammenfassung *	6	
A	--- DE 898 100 C (HEINRICH VORKAUF BERLIN SCHMAR) 26. November 1953 (1953-11-26) * Abbildung 2 *	15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 18. Juli 2003	Prüfer Steinhauser, U
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 03 00 2472

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.

18-07-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2815645	A	10-12-1957	FR	1148829 A		16-12-1957
EP 1209321	A	29-05-2002	US	6492038 B1		10-12-2002
			EP	1209321 A2		29-05-2002
US 4551063	A	05-11-1985	DE	3310396 A1		20-09-1984
			DE	3462536 D1		09-04-1987
			EP	0122872 A1		24-10-1984
JP 60159304	A	20-08-1985	KEINE			
JP 58135304	A	11-08-1983	KEINE			
US 3291447	A	13-12-1966	CH	439334 A		15-07-1967
			DE	1255113 B		30-11-1967
			FR	1467527 A		27-01-1967
			GB	1077251 A		26-07-1967
US 2451261	A	12-10-1948	US	2552239 A		08-05-1951
JP 61001809	A	07-01-1986	KEINE			
JP 58155203	A	14-09-1983	KEINE			
JP 58143102	A	25-08-1983	KEINE			
DE 898100	C	26-11-1953	KEINE			

EPO FORM P0481

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