

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Laufschaufel für eine Gasturbine mit einem mit einer Turbinenwelle verbindbaren Schaufelfuß, der ein profiliertes Schaufelblatt trägt. Sie betrifft weiterhin eine Gasturbine mit einer Anzahl von jeweils zu Laufschaufelreihen zusammengefaßten, an einer Turbinenwelle angeordneten Laufschaufeln.

[0002] Gasturbinen werden in vielen Bereichen zum Antrieb von Generatoren oder von Arbeitsmaschinen eingesetzt. Dabei wird der Energieinhalt eines Brennstoffs zur Erzeugung einer Rotationsbewegung einer Turbinenwelle genutzt. Der Brennstoff wird dazu in einer Brennkammer verbrannt, wobei von einem Luftverdichter verdichtete Luft zugeführt wird. Das in der Brennkammer durch die Verbrennung des Brennstoffs erzeugte, unter hohem Druck und unter hoher Temperatur stehende Arbeitsmedium wird dabei über eine der Brennkammer nachgeschaltete Turbineneinheit geführt, wo es sich arbeitsleistend entspannt.

[0003] Zur Erzeugung der Rotationsbewegung der Turbinenwelle sind dabei an dieser eine Anzahl von üblicherweise in Schaufelgruppen oder Schaufelreihen zusammengefaßten Laufschaufeln angeordnet, die über einen Impulsübertrag aus dem Arbeitsmedium die Turbinenwelle antreiben. Die Laufschaufeln weisen dabei üblicherweise zur geeigneten Führung des Arbeitsmediums ein profiliertes, entlang einer Schaufelachse erstrecktes Schaufelblatt auf, das von einem mit der Turbinenwelle verbindbaren Schaufelfuß getragen ist. Zur Führung des Arbeitsmediums in der Turbineneinheit sind zudem üblicherweise zwischen benachbarten Laufschaufelreihen mit dem Turbinengehäuse verbundene Leitschaufelreihen angeordnet.

[0004] Bei der Auslegung derartiger Gasturbinen ist zusätzlich zur erreichbaren Leistung üblicherweise ein besonders hoher Wirkungsgrad ein Auslegungsziel. Eine Erhöhung des Wirkungsgrades läßt sich dabei aus thermodynamischen Gründen grundsätzlich durch eine Erhöhung der Austrittstemperatur erreichen, mit dem das Arbeitsmedium aus der Brennkammer ab- und in die Turbineneinheit einströmt. Daher werden Temperaturen von etwa 1200 °C bis 1300 °C für derartige Gasturbinen angestrebt und auch erreicht.

[0005] Bei derartig hohen Temperaturen des Arbeitsmediums sind jedoch die diesem ausgesetzten Komponenten und Bauteile hohen thermischen Belastungen ausgesetzt. Um dennoch bei hoher Zuverlässigkeit eine vergleichsweise lange Lebensdauer der betroffenen Komponenten zu gewährleisten, ist üblicherweise eine Kühlung der betroffenen Komponenten, insbesondere von Lauf- und/oder Leitschaufeln der Turbineneinheit, vorgesehen. Die Turbinenschaufeln sind daher üblicherweise kühlbar ausgebildet, wobei insbesondere eine wirksame und zuverlässige Kühlung der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums gesehen ersten Schaufelreihen sichergestellt sein soll. Zur Kühlung

weist die jeweilige Turbinenschaufel dabei üblicherweise einen in das Schaufelblatt oder das Schaufelprofil integrierten Kühlmittelkanal auf, von dem aus ein Kühlmittel gezielt insbesondere den thermisch belasteten Zonen der Turbinenschaufel zuleitbar ist.

[0006] Als Kühlmittel kommt dabei üblicherweise Kühlluft zum Einsatz. Diese wird der jeweiligen Turbinenschaufel üblicherweise in der Art einer offenen Kühlung über einen integrierten Kühlmittelkanal zugeführt. Von diesem ausgehend durchströmt die Kühlluft in abzweigenden Kanälen die jeweils vorgesehenen Bereiche der Turbinenschaufel. Austrittsseitig sind diese Kanäle offen gelassen, so daß die Kühlluft nach dem Durchströmen der Turbinenschaufel aus dieser austritt und sich dabei mit dem in der Turbineneinheit geführten Arbeitsmedium vermischt.

[0007] Auf diese Weise ist mit vergleichsweise einfachen Mitteln ein zuverlässiges Kühlsystem für die Turbinenschaufel bereitstellbar, wobei auch thermisch besonders belastete Zonen der Turbinenschaufel geeignet mit Kühlmittel beaufschlagbar sind. Andererseits ist jedoch bei der Einleitung der Kühlluft in das in der Turbineneinheit geführte Arbeitsmedium darauf zu achten, daß ihre charakteristischen Parameter wie Druck und Temperatur mit den entsprechenden Parametern des Arbeitsmediums vereinbar oder kompatibel sind. Darüber hinaus kann eine zuverlässige Beaufschlagung gerade thermisch hoch belasteter Bereiche der Turbinenschaufel eine vergleichsweise komplexe Führung entsprechender Kühlluftkanäle im Schaufelinneren bedingen. Gerade für thermisch vergleichsweise hoch belastete, in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums gesehen vergleichsweise weit vorne angeordnete Turbinenschaufeln können daher Engpässe hinsichtlich einer ausreichenden Bespeisung mit Kühlluft auftreten.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Laufschaufel für eine Gasturbine der oben genannten Art anzugeben, bei der bei vergleichsweise einfacher Bauweise eine zuverlässige Bespeisung auch mit vergleichsweise großen Mengen an Kühlluft sichergestellt werden kann. Desweiteren soll eine Gasturbine mit einer derartigen Laufschaufel angegeben werden.

[0009] Bezüglich der Laufschaufel wird die genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem im Schaufelfuß der Laufschaufel einer Mehrzahl von Einströmöffnungen für Kühlluft angeordnet sind.

[0010] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß gerade für thermisch vergleichsweise hoch belastete Laufschaufeln eine ausreichende Bespeisung mit vergleichsweise großen Mengen von Kühlluft unter anderem durch den aufgrund konstruktiver Randbedingungen üblicherweise herrschenden Platzmangel im Bereich des Schaufelfußes begrenzt ist. Aufgrund dieses Platzmangels kann gerade eine zuverlässige Bespeisung der Laufschaufel über den gesamten Sockelquerschnitt hinweg problematisch sein. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Kühlluft innerhalb des Schaufelfußes über ein darin integriertes Kanalsystem zu

sämtlichen Raumbereichen des Schaufelfußes geleitet werden soll. In Abkehr von einer üblicherweise vorgesehenen lediglich einzigen Einströmöffnung für Kühlluft ist daher eine Mehrzahl von Einströmöffnungen für die Kühlluft vorgesehen, über die in der Art einer parallelen Strömungsführung eine Beaufschlagung eines vergleichsweise großen Querschnittsbereichs im Schaufelfuß mit Kühlluft auf einfache Weise erreichbar ist.

[0011] Die nunmehr vorgesehene Mehrzahl von Einströmöffnungen für die Kühlluft im Schaufelfuß der Laufschaufel ermöglicht zudem eine besonders situations- und bedarfsangepasste Führung der Kühlluft in der Laufschaufel insgesamt. Um dies in besonders günstiger Weise nutzbar zu machen, ist in vorteilhafter Ausgestaltung einer Anzahl der Einströmöffnungen jeweils ein separater, durch das Schaufelblatt der Laufschaufel geführter Teilkanal für Kühlluft zugeordnet. Die Teilkanäle sind dabei vorzugsweise kühlluftseitig voneinander vollständig getrennt geführt, so daß unterschiedliche Bereiche der Laufschaufel vollkommen unabhängig von weiteren Bereichen der Laufschaufel mit Kühlluft beaufschlagbar sind. Durch eine derartig getrennte Strömungsführung der Teilströme von Kühlluft ist insbesondere eine Beaufschlagung einzelner Bereiche der Laufschaufel mit hinsichtlich ihrer Betriebsparameter an die besonderen Erfordernisse eben dieses Bereichs angepaßter Kühlluft ermöglicht. Im jeweiligen Bereich kann dabei insbesondere eine spezifisch angepaßte Menge an Kühlluft oder auch hinsichtlich ihrer charakteristischen Parameter wie Temperatur oder Betriebsdruck spezifisch angepaßte Kühlluft zugeführt werden.

[0012] Die Laufschaufel ist dabei zweckmäßigerweise derart ausgestaltet, daß einzelnen Raumbereichen der Laufschaufel hinsichtlich ihres Betriebsdrucks unterschiedliche Teilströme von Kühlluft zuführbar sind. Dadurch kann auf besonders einfache und günstige Weise eine Anpassung des Kühlluftversorgungssystems an die durch die Positionierung der Laufschaufel entlang des Strömungswegs des Arbeitsmediums vorgegebenen spezifischen Erfordernisse erfolgen.

[0013] Das die Gasturbine durchströmende Arbeitsmedium entspannt sich nämlich beim Durchströmen der Gasturbine kontinuierlich entlang seines Strömungswegs. Der Betriebsdruck des Arbeitsmediums ist somit abhängig von der Position entlang der Längsachse der Gasturbine. Somit ist bei einer offenen Kühlung einer Laufschaufel derjenige Druck, den die Kühlluft beim Austritt aus der Laufschaufel und beim Einspeisen in das die Gasturbine durchströmende Arbeitsmedium aufweisen oder übersteigen muß, abhängig von der Position der Laufschaufel innerhalb der Gasturbine. Darüber hinaus ist aber auch bei ein und derselben Laufschaufel derjenige Druck, den die Kühlluft bei ihrem Austritt aus der Laufschaufel aufweisen oder übersteigen muß, abhängig davon, ob die Kühlluft an der Vorderkante der jeweiligen Laufschaufel und somit entgegen der Strömungsrichtung des Arbeitsmediums oder vielmehr an der Hinterkante der jeweiligen Laufschaufel

und somit in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums austritt.

[0014] Dem kann vorliegend Rechnung getragen werden, indem innerhalb der jeweiligen Laufschaufel vollständig voneinander getrennte Teilkanäle für Kühlluft angeordnet sind, von denen einer oder einige auslaßseitig an der Vorderkante der jeweiligen Laufschaufel münden, und von denen einige oder einer auslaßseitig an der Hinterkante der jeweiligen Laufschaufel münden. Durch die Zuordnung getrennter Einströmöffnungen für die Kühlluft zu denjenigen Teilkanälen einerseits, die auslaßseitig an der Vorderkante der Laufschaufel münden, und zu denjenigen Teilkanälen andererseits, die auslaßseitig an der Hinterkante der jeweiligen Laufschaufel münden, ist somit eine Bespeisung mit Kühlluft unterschiedlichen Druckes abhängig davon ermöglicht, ob der jeweilige Teilkanal an der Vorder- oder an der Hinterkante der Laufschaufel mündet.

[0015] Durch eine derartige Anordnung ist die Bespeisung der Laufschaufel mit vergleichsweise hochwertiger, unter hohem Druck stehender Kühlluft lediglich für diejenigen Teilbereiche erforderlich, deren zugeordnete Teilkanäle an der Vorderkante der Laufschaufel münden. Hingegen ist für diejenigen Bereiche, deren zugeordnete Teilkanäle für Kühlluft auslaßseitig an der Hinterkante der Laufschaufel münden und die somit vergleichsweise geringere Anforderungen an das Druckniveau der Kühlluftstellen, eine Bespeisung mit vergleichsweise minderwertigerer Kühlluft möglich.

[0016] Insbesondere um eine derartige getrennte Führung von Teilkanälen, bei der die Bespeisung der auslaßseitig an der Vorderkante der Laufschaufel mündenden Teilkanäle strikt von der der auslaßseitig an der Hinterkante der Laufschaufel mündenden Teilkanäle getrennt ist, in besonders einfacher Bauweise zu ermöglichen, sind eine Anzahl der Einströmöffnungen in weiterer vorteilhafter Ausgestaltung in Längsrichtung der Turbinenwelle gesehen hintereinander angeordnet. Durch eine derartige Anordnung liegen bereits die Einströmöffnungen der jeweiligen Teilkanäle in unterschiedlichen Druckbereichen hinsichtlich der Strömungsmediums.

[0017] Eine Gasturbine mit einer Anzahl von jeweils zu Laufschaufelreihen zusammengefaßten, an einer Turbinenwelle angeordneten Laufschaufeln der oben genannten Art kann mit einem hinsichtlich des Gesamtwirkungsgrads der Anlage besonders günstig ausgelegten Kühlungssystem versehen sein. Um dabei die Kühlluft insbesondere hinsichtlich ihrer Betriebsbedingungen besonders bedarfsangepaßt einsetzen zu können, ist vorteilhafterweise eine Beaufschlagung der Einströmöffnungen der Laufschaufeln mit Kühlluft vorgesehen, deren Betriebsdruck abhängig von der Position der jeweiligen Laufschaufel entlang der Turbinenwelle und abhängig davon gewählt ist, ob der jeweils zugeordnete Teilkanal für Kühlluft auslaßseitig an der Vorder- oder an der Hinterkante der jeweiligen Laufschaufel mündet.

[0018] Um dies zu ermöglichen, ist in vorteilhafter

Ausgestaltung einer Mehrzahl der Einströmöffnungen einer Laufschaufel jeweils eine separate, in die Turbinenwelle integrierte Kühlluftzufuhr zugeordnet. Diese kann beispielsweise jeweils eine geeignet in die Turbinenwelle integrierte Vorlagekammer aufweisen, die kühlluftseitig zweckmäßigerweise mit der jeweiligen Einströmöffnung über eine in der Turbinenwelle geführte Bohrung verbunden ist. Die Vorlagekammer kann dann hinsichtlich ihrer Betriebsparameter, vorzugsweise hinsichtlich ihres Betriebsdrucks, an die spezifischen Erfordernisse des an die zugeordnete Einströmöffnung angeschlossenen Teilkanals für Kühlluft angepaßt sein.

[0019] Die Vorlagekammer ist dazu zweckmäßigerweise mit einer angeschlossenen Bohrung versehen, über die eine kühlluftseitige Verbindung mit der jeweils zugeordneten Einströmöffnung hergestellt ist. Die Bohrung kann dabei direkt in den Schaufelfuß der jeweiligen Laufschaufel münden; alternativ ist aber auch eine kühlluftseitige Ankopplung der jeweiligen Einströmöffnung durch eine in Längsrichtung der Turbinenwelle gesehen versetzt angeordnete Dichtungsscheibe - auch als "Mimidisk" bezeichnet - möglich.

[0020] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch eine Mehrzahl von in den Schaufelfuß der Laufschaufel integrierten Einströmöffnungen für Kühlluft in der Art einer parallelen Strömungsführung eine besonders gleichmäßige Beaufschlagung der Laufschaufel mit Kühlluft ermöglicht ist. Darüber hinaus ist gerade durch die Mehrzahl der Einströmöffnungen für Kühlluft auch eine gezielte Weiterführung von kühlluftseitig vollständig voneinander getrennten Teilströmen der Kühlluft innerhalb der Laufschaufel ermöglicht, wobei jeder Teilstrom individuell an die durch den von ihm gekühlten Raumbereich gegebenen Erfordernisse angepaßt sein kann. Dabei kann in besonderem Maße auch die Abströmseite des jeweiligen Teilkanals berücksichtigt sein, wobei für eine hinsichtlich des erreichbaren Wirkungsgrads besonders günstige Kühlmittelführung insbesondere der Betriebsdruck der Kühlluft an die auslaßseitig vorgegebenen Randbedingungen spezifisch angepaßt sein kann.

[0021] Dabei kann einerseits die Position der Laufschaufel entlang der Turbinenwelle und andererseits die Abströmrichtung der Kühlluft aus der jeweiligen Laufschaufel, nämlich entweder entgegen der Strömungsrichtung des Arbeitsmediums oder parallel zur Strömungsrichtung des Arbeitsmediums, berücksichtigt sein. Die Verwendung vergleichsweise hochwertiger Kühlluft mit vergleichsweise hohem Betriebsdruck ist dabei lediglich für diejenigen Teilkanäle erforderlich, die auslaßseitig an der Vorderkante der jeweiligen Laufschaufel münden. Hingegen kann für diejenigen Teilkanäle, die auslaßseitig an der hinteren Kante der jeweiligen Laufschaufel münden, vergleichsweise minderwertigere Kühlluft von vergleichsweise niedrigerem Betriebsdruck zum Einsatz kommen.

[0022] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnungen näher erläutert. Darin zei-

gen:

- Figur 1 einen Halbschnitt durch eine Gasturbine,
- 5 Figur 2 einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt der Gasturbine nach Figur 1 mit der Darstellung von Kühlkanälen, und
- 10 Figur 3 ebenfalls einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt der Gasturbine nach Figur 1, jedoch mit alternativer Verschaltung der Kühlkanäle.

[0023] Gleiche Teile sind in beiden Figuren mit den selben Bezugszeichen versehen.

15 **[0024]** Die Gasturbine 1 gemäß Figur 1 weist einen Verdichter 2 für Verbrennungsluft, eine Brennkammer 4 sowie eine Turbine 6 zum Antrieb des Verdichters 2 und eines nicht dargestellten Generators oder einer Arbeitsmaschine auf. Dazu sind die Turbine 6 und der Verdichter 2 auf einer gemeinsamen, auch als Turbinenläufer bezeichneten Turbinenwelle 8 angeordnet, mit der auch der Generator bzw. die Arbeitsmaschine verbunden ist, und die um ihre Mittelachse 9 drehbar gelagert ist.

25 **[0025]** Die Brennkammer 4 ist mit einer Anzahl von Brennern 10 zur Verbrennung eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs bestückt. Sie ist weiterhin an ihrer Innenwand mit nicht näher dargestellten Hitzeschildelementen versehen.

30 **[0026]** Die Turbine 6 weist eine Anzahl von mit der Turbinenwelle 8 verbundenen, rotierbaren Laufschaufeln 12 auf. Die Laufschaufeln 12 sind kranzförmig an der Turbinenwelle 8 angeordnet und bilden somit eine Anzahl von Laufschaufelreihen. Weiterhin umfaßt die Turbine 6 eine Anzahl von feststehenden Leitschaufeln 14, die ebenfalls kranzförmig unter der Bildung von Leitschaufelreihen an einem Innengehäuse 16 der Turbine 6 befestigt sind. Die Laufschaufeln 12 dienen dabei zum Antrieb der Turbinenwelle 8 durch Impulsübertrag vom die Turbine 6 durchströmenden Arbeitsmedium M. Die Leitschaufeln 14 dienen hingegen zur Strömungsführung des Arbeitsmediums M zwischen jeweils zwei in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M gesehen aufeinanderfolgenden Laufschaufelreihen oder Laufschaufelkränzen. Ein aufeinanderfolgendes Paar aus einem Kranz von Leitschaufeln 14 oder einer Leitschaufelreihe und aus einem Kranz von Laufschaufeln 12 oder einer Laufschaufelreihe wird dabei auch als Turbinenstufe bezeichnet.

40 **[0027]** Jede Leitschaufel 14 weist eine auch als Schaufelfuß 19 bezeichnete Plattform 18 auf, die zur Fixierung der jeweiligen Leitschaufel 14 am Innengehäuse 16 der Turbine 6 als Wandelement angeordnet ist. Die Plattform 18 ist dabei ein thermisch vergleichsweise stark belastetes Bauteil, das die äußere Begrenzung eines Heißgaskanals für das die Turbine 6 durchströmende Arbeitsmedium M bildet. Jede Laufschaufel 12 ist in analoger Weise über einen auch als Plattform 18 bezeichneten Schaufelfuß 19 an der Turbinenwelle 8 be-

festigt, wobei der Schaufelfuß 19 jeweils ein entlang einer Schaufelachse erstrecktes profiliertes Schaufelblatt 20 trägt.

[0028] Zwischen den beabstandet voneinander angeordneten Plattformen 18 der Leitschaufeln 14 zweier benachbarter Leitschaufelreihen ist jeweils ein Führungsring 21 am Innengehäuse 16 der Turbine 6 angeordnet. Die äußere Oberfläche jedes Führungsrings 21 ist dabei ebenfalls dem heißen, die Turbine 6 durchströmenden Arbeitsmedium M ausgesetzt und in radialer Richtung vom äußeren Ende 22 der ihm gegenüber liegenden Laufschaufel 12 durch einen Spalt beabstandet. Die zwischen benachbarten Leitschaufelreihen angeordneten Führungsringe 21 dienen dabei insbesondere als Abdeckelemente, die die Innenwand 16 oder andere Gehäuse-Einbauteile vor einer thermischen Überbeanspruchung durch das die Turbine 6 durchströmende heiße Arbeitsmedium M schützt.

[0029] Zur Erzielung eines vergleichsweise hohen Wirkungsgrades ist die Gasturbine 1 für eine vergleichsweise hohe Austrittstemperatur des aus der Brennkammer 4 austretenden Arbeitsmediums M von etwa 1200 °C bis 1300 °C ausgelegt. Um dies zu ermöglichen, sind zumindest einige der Laufschaufeln 12 und der Leitschaufeln 14 durch Kühlluft K als Kühlmedium kühlbar ausgelegt. Zur Verdeutlichung des Strömungsweges der Kühlluft K ist der der Brennkammer 4 unmittelbar folgende Bereich der Gasturbine 1 in Figur 2 im Ausschnitt vergrößert dargestellt. Dabei ist erkennbar, daß das aus der Brennkammer 4 abströmende Arbeitsmedium M zunächst auf eine Anzahl von Leitschaufeln 14 trifft, die die sogenannte erste Leitschaufelreihe bilden und über ihre jeweilige Plattform 18 in die Brennkammer 4 eingehängt sind. In Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M gesehen folgen sodann die die erste Laufschaufelreihe bildenden Laufschaufeln 12, die die zweite Laufschaufelreihe bildenden Leitschaufeln 14, sowie die die zweite Laufschaufelreihe bildenden Laufschaufeln 12.

[0030] Die Laufschaufeln 12 sind für eine besonders zuverlässige Bespeisung mit Kühlluft K im wesentlichen über den gesamten Sockelquerschnitt ihres jeweiligen Schaufelfußes 19 hinweg ausgebildet. Dazu ist der Schaufelfuß 19 der jeweiligen Laufschaufel 12 jeweils mit einer Mehrzahl von Einströmöffnungen 24 für Kühlluft K versehen. Die Einströmöffnungen 24 jeder Laufschaufel 12 sind dabei im Ausführungsbeispiel in der Längsrichtung der Turbinenwelle 8 gesehen hintereinander angeordnet. Jeder Einströmöffnung 24 ist jeweils ein durch das Schaufelblatt 20 der jeweiligen Laufschaufel 12 geführter Teilkanal 26 bzw. 28 für Kühlluft K zugeordnet. Der der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M gesehen vorderen Einströmöffnung 24 zugeordnete Teilkanal 26 der jeweiligen Laufschaufel 12 ist dabei, ausgehend von der zugeordneten Einströmöffnung 24, mäanderförmig durch den vorderen Teil der jeweiligen Laufschaufel 12 geführt, wie die in Figur 2 lediglich schematisch dargestellt ist.

[0031] Der Teilkanal 26 mündet dabei auslaßseitig in einer Anzahl von Auslaßöffnungen 30 für die Kühlluft K, die an der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M gesehen vorderen Kante 32 der jeweiligen Laufschaufel 12 angeordnet sind. Im Gegensatz dazu kommuniziert die in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M gesehen jeweils hintere Einströmöffnung 24 der jeweiligen Laufschaufel 12 mit einem im hinteren Teil der jeweiligen Laufschaufel 12 ebenfalls mäanderförmig geführten Teilkanal 28. Der Teilkanal 28 mündet auslaßseitig in einer Anzahl von an der hinteren Kante 36 der jeweiligen Laufschaufel 12 angeordneten Auslaßöffnungen 38.

[0032] Die Teilkanäle 26, 28 jeder Laufschaufel 12 sind kühlluftseitig vollständig voneinander entkoppelt geführt. Somit ist die Bespeisung jedes Teilkanals 26, 28 mit hinsichtlich ihrer Betriebsparameter an die jeweiligen Erfordernisse angepaßter Kühlluft K ermöglicht. Dabei kann insbesondere berücksichtigt sein, daß das Druckniveau, das die Kühlluft K im Bereich der Auslaßöffnungen 30 bzw. 38 aufweisen oder übersteigen muß, abhängig ist von der Position der jeweiligen Laufschaufel 12 entlang der Turbinenwelle 8 und davon, ob der Austritt der Kühlluft K entgegen der Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M oder in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M erfolgt. Daher muß insbesondere die den Auslaßöffnungen 30 zugeführte Kühlluft K einen höheren Betriebsdruck aufweisen als die den Auslaßöffnungen 38 zugeführte Kühlluft K.

[0033] Um eine getrennte Bespeisung der Teilkanäle 26, 28 mit Kühlluft K zur Einhaltung dieser unterschiedlichen Randbedingungen zu ermöglichen, ist das Kühlluftzufuhrsystem der Gasturbine 1 entsprechend angepaßt. Insbesondere umfaßt das Kühlluftzufuhrsystem eine in die Turbinenwelle 8 integrierte erste Vorlagekammer 40, die im Ausführungsbeispiel nach Figur 2 über eine in der Turbinenwelle 8 geführte Bohrung 42 mit der in Längsrichtung der Turbinenwelle 8 gesehen ersten Einströmöffnung 24 jeder der die erste Laufschaufelreihe bildenden Laufschaufeln 12 verbunden ist. Weiterhin umfaßt das Kühlluftzufuhrsystem eine zweite Vorlagekammer 44 für Kühlluft K. Diese ist in Längsrichtung der Turbinenwelle 8 gesehen hinter der ersten Vorlagekammer 40 angeordnet und ebenfalls in die Turbinenwelle 8 integriert. Die zweite Vorlagekammer 44 ist kühlluftseitig über eine Bohrung 46 mit der in Längsrichtung der Turbinenwelle 8 gesehen hinteren Einströmöffnung 24 jeder der die erste Laufschaufelreihe bildenden Laufschaufeln 12 verbunden. Weiterhin ist die zweite Vorlagekammer 44 über eine Bohrung 48 mit der in Längsrichtung der Turbinenwelle 8 gesehen vorderen Einströmöffnung 24 jeder der die zweite Laufschaufelreihe bildenden Laufschaufeln 12 verbunden.

[0034] Für die nachfolgenden Laufschaufelreihen können noch weitere Vorlagekammern vorgesehen sein, was durch die der in Längsrichtung der Turbinenwelle 8 gesehen hinteren Einströmöffnung 24 der die zweite Laufschaufelreihe bildenden Laufschaufeln 12

zugeordneten Bohrung 50 angedeutet ist.

[0035] Bezüglich jeder individuellen Laufschaufel 12 ist durch diese Kühlluftführung gewährleistet, daß jeder Einströmöffnung 24 jeder Laufschaufel 12 jeweils eine separate, in die Turbinenwelle integrierte Kühlluftzufuhr zugeordnet ist. Jede Einströmöffnung 24 und mit ihr auch der jeweils nachgeschaltete Teilkanal 26, 28 ist somit unabhängig vom jeweils anderen Teilkanal 28 bzw. 26 mit Kühlluft K beaufschlagbar. Die somit gebildeten Teilströme an Kühlluft K können daher an die individuelle, auslaßseitig vorgegebenen Bedingungen angepaßt sein. Insbesondere ist der Teilkanal 26 mit im Vergleich zum Teilkanal 28 unter höherem Druck stehender Kühlluft K beaufschlagbar. Dazu wird die erste Vorlagekammer 40 mit entsprechend hochwertiger, unter vergleichsweise hohem Druck stehender Kühlluft K gespeist. Dem gegenüber wird die zweite Vorlagekammer 44, aus der der zweite Teilkanal 28 der die erste Laufschaufelreihe bildenden Laufschaufeln 12 mit Kühlluft K versorgt wird, mit vergleichsweise minderwertigerer, unter niedrigerem Druck stehender Kühlluft K gespeist. Die Gesamtmenge an hochwertiger, unter besonders hohem Druck stehender Kühlluft K kann somit vergleichsweise gering gehalten und ausschließlich auf diejenigen Bereiche der jeweiligen Laufschaufel 12 beschränkt werden, für die die Versorgung mit derart hochwertiger Kühlluft K auch tatsächlich notwendig ist.

[0036] Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 sind die Einströmöffnungen 24 der Laufschaufeln 12 im Bodenbereich des jeweiligen Schaufelfußes 19 angeordnet. Alternativ können die Einströmöffnungen 24, wie dies in Figur 3 gezeigt ist, aber auch im seitlichen Bereich des jeweiligen Schaufelfußes 19 angeordnet sein. In diesem Fall kann anstelle der Bohrungen 42, 46, 48, 50 eine kühlmittelseitige Verbindung der Einströmöffnungen 24 mit der jeweiligen Vorlagekammer 40 bzw. 44 auch über an der Turbinenwelle 8 angeordnete umlaufende Scheiben 52 (sogenannte "Minidisks") hergestellt sein.

40

Patentansprüche

1. Laufschaufel (12) für eine Gasturbine (1) mit einem mit einer Turbinenwelle (8) verbindbaren Schaufelfuß (19), der ein profiliertes Schaufelblatt (20) trägt, und in dem eine Mehrzahl von Einströmöffnungen (24) für Kühlluft (K) angeordnet sind. 45
2. Laufschaufel (12) nach Anspruch 1, bei der eine Anzahl der Einströmöffnungen (24) in Längsrichtung der Turbinenwelle (8) gesehen hintereinander angeordnet sind. 50
3. Laufschaufel (12) nach Anspruch 1 oder 2, bei der einer Anzahl der Einströmöffnungen (24) jeweils ein separater, durch das Schaufelblatt (20) geführter Teilkanal (26, 28) für Kühlluft (K) zugeordnet ist. 55

4. Gasturbine (1) mit einer Anzahl von jeweils zu Leit-schaufelreihen zusammengefaßten, mit einem Turbinengehäuse (6) verbundenen Leitschaufeln (14) und mit einer Anzahl von jeweils zu Laufschaufelreihen zusammengefaßten, an einer Turbinenwelle (8) angeordneten Laufschaufeln (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 3. 5

5. Gasturbine (1) nach Anspruch 4, bei der einer Mehrzahl der Einströmöffnungen (24) einer Laufschaufel (12) jeweils eine separate, in die Turbinenwelle (8) integrierte Kühlluftzufuhr zugeordnet ist. 10

6. Gasturbine (1) nach Anspruch 5, bei der die jeweilige Kühlluftzufuhr jeweils eine Vorlagekammer (40, 44) mit angeschlossener Bohrung (42, 46, 48, 50) umfaßt. 15

7. Gasturbine (1) nach Anspruch 5 oder 6, bei der die jeweilige Kühlluftzufuhr jeweils über eine zugeordnete, an der Turbinenwelle (8) umlaufend angeordnete Dichtscheibe (52) in den Schaufelfuß (19) mündet. 20

25

30

35

40

45

50

55

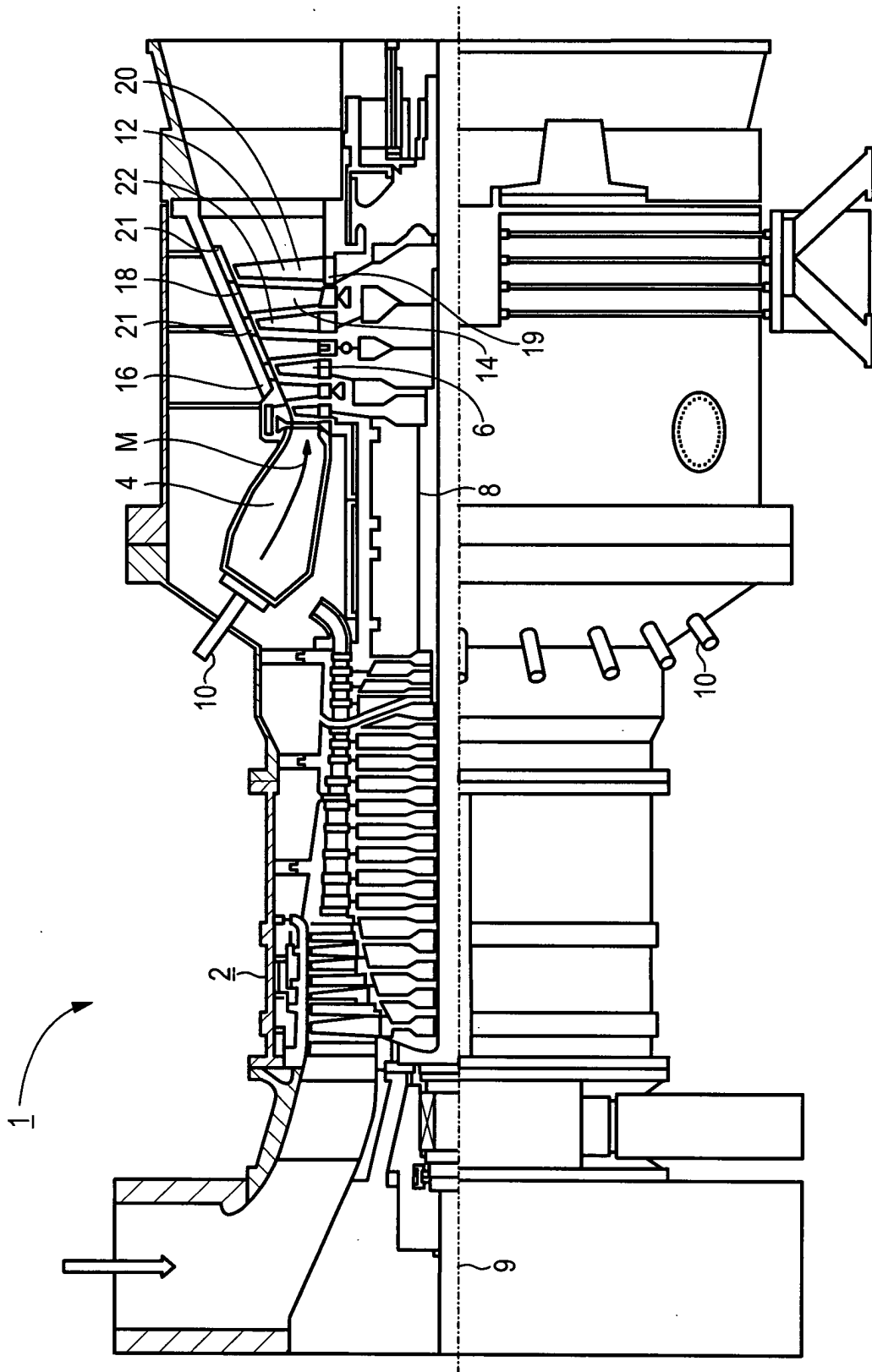


Fig. 1

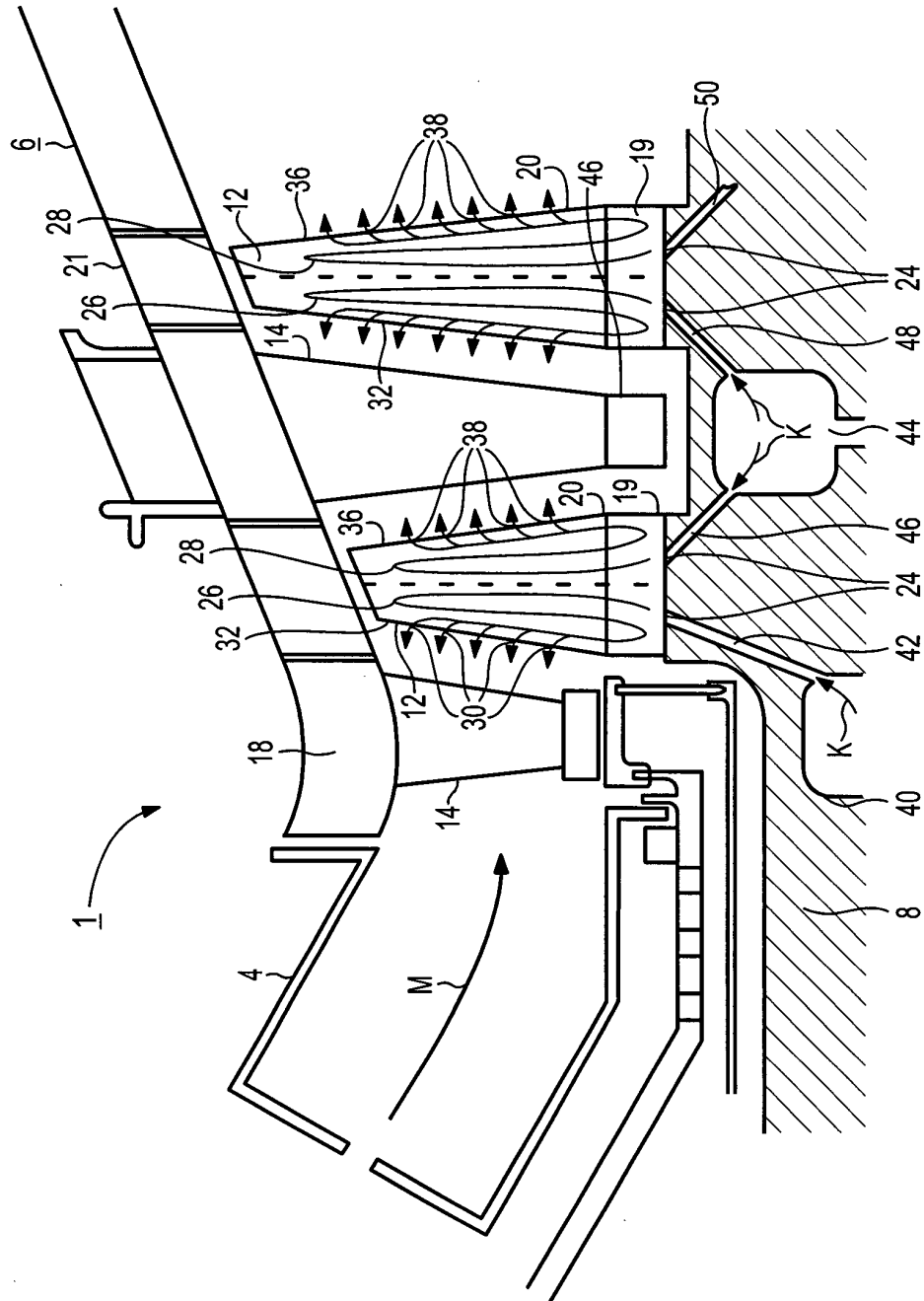


Fig. 2



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 0 860 586 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 26. August 1998 (1998-08-26) * Spalte 1, Zeile 14 - Zeile 42; Abbildungen 3,4 *	1-6	F01D5/08 F01D5/18
X	US 6 094 905 A (FUKUYAMA YOSHITAKA) 1. August 2000 (2000-08-01) * Spalte 1, Zeile 49 - Spalte 2, Zeile 19; Abbildung 13 *	1,2,4-7	
Y	---	3	
X	GB 2 250 548 A (ROLLS ROYCE PLC) 10. Juni 1992 (1992-06-10) * Seite 3 - Seite 4; Abbildung 2 *	1-4	
Y	---	3	
X	EP 1 013 879 A (ASEA BROWN BOVERI) 28. Juni 2000 (2000-06-28) * Spalte 6, Zeile 33 - Zeile 40; Abbildungen 3,5 *	1-6	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 01, 29. Januar 1999 (1999-01-29) & JP 10 266802 A (TOSHIBA CORP), 6. Oktober 1998 (1998-10-06) * Zusammenfassung; Abbildung 10 *	1,2,4-7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D
Y	---	3	
X	US 5 387 086 A (FREY DAVID A ET AL) 7. Februar 1995 (1995-02-07) * Abbildung 1 *	1-4	
Y	---	3	
X	US 4 265 590 A (DAVIES DAVID O) 5. Mai 1981 (1981-05-05) * Abbildungen 1,2 *	1-5	
A	EP 0 414 028 A (HITACHI LTD) 27. Februar 1991 (1991-02-27) * Abbildungen *	5-7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 15. März 2002	Prüfer Angelucci, S
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 01 12 3797

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.

15-03-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0860586	A	26-08-1998	JP 10238306 A	08-09-1998
			CA 2229322 A1	21-08-1998
			EP 0860586 A2	26-08-1998
			US 6000909 A	14-12-1999

US 6094905	A	01-08-2000	JP 10103004 A	21-04-1998
			KR 259553 B1	15-06-2000
			US 6195979 B1	06-03-2001

GB 2250548	A	10-06-1992	KEINE	

EP 1013879	A	28-06-2000	EP 1013879 A1	28-06-2000

JP 10266802	A	06-10-1998	KEINE	

US 5387086	A	07-02-1995	KEINE	

US 4265590	A	05-05-1981	DE 2920193 A1	22-11-1979
			FR 2426159 A1	14-12-1979
			GB 2021207 A ,B	28-11-1979
			IT 1112922 B	20-01-1986
			JP 54158509 A	14-12-1979

EP 0414028	A	27-02-1991	DE 69018338 D1	11-05-1995
			DE 69018338 T2	19-10-1995
			EP 0414028 A1	27-02-1991
			JP 1979470 C	17-10-1995
			JP 3222829 A	01-10-1991
			JP 7009193 B	01-02-1995
			US 5144794 A	08-09-1992

EPC FORM P0481

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