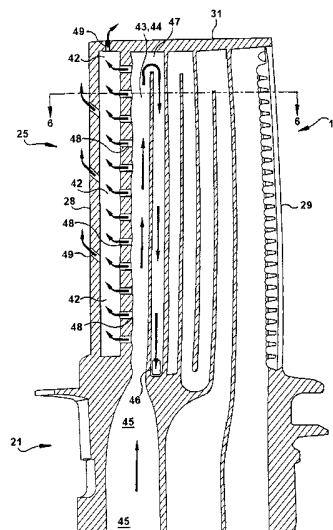


(11) CH

(51) Int. Cl.: **F01D** 5/18 (2006.01)

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



Beschreibung

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Turbinenschaufelblätter und speziell hohle Turbinenschaufelblätter wie Laufoder Leitschaufeln, die innere Kanäle zum Hindurchleiten von Fluiden wie Luft zum Kühlen der Schaufelblätter haben

[0002] Verbrennungs- oder Gasturbinenmaschinen (im Folgenden «Gasturbinen») beinhalten einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Turbine. Wie in der Technik gut bekannt ist, wird im Verdichter verdichtete Luft mit Brennstoff vermischt und in der Brennkammer entzündet und dann zur Krafterzeugung durch die Turbine ausgedehnt. Die Bauteile innerhalb der Turbine, speziell die sich in Umfangsrichtung erstreckend angeordneten Lauf- und Leitschaufeln, sind einer widrigen Umgebung ausgesetzt, die durch die extrem hohen Temperaturen und Drücke der Verbrennungsprodukte gekennzeichnet ist, die durch sie ausgedehnt werden. Um den sich wiederholenden Wärmezyklen sowie den extremen Temperaturen und mechanischen Belastungen dieser Umgebung standzuhalten, müssen die Schaufelblätter eine robuste Struktur haben und aktiv gekühlt werden:

[0003] Bekanntermassen enthalten Lauf- und Leitschaufeln von Turbinen oft innere Gänge oder Kreise, die ein Kühlsystem bilden, durch das ein Kühlmittel, gewöhnlich aus dem Verdichter abgezapfte Luft, geführt wird. Derartige Kühlkreise werden gewöhnlich von inneren Rippen gebildet, welche die erforderliche strukturelle Unterstützung für das Schaufelblatt bereitstellen, und beinhalten mehrere Strömungswege, die dafür ausgelegt sind, das Schaufelblatt innerhalb eines akzeptablen Temperaturprofils zu halten. Die durch diese Kühlkreise hindurchströmende Luft wird oft durch Filmkühlungsöffnungen abgelassen, die an der Vorderkante, der Hinterkante, der Saugseite und der Druckseite des Schaufelblatts ausgebildet sind.

[0004] Erkennbar nimmt der Wirkungsgrad von Gasturbinen mit steigenden Zündtemperaturen zu. Aufgrund dessen besteht ein ständiger Bedarf an technologischen Fortschritten, die es Turbinenschaufeln ermöglichen, immer noch höheren Temperaturen standzuhalten. Diese Fortschritte beinhalten manchmal neue Werkstoffe, die höheren Temperaturen standhalten können, genauso oft beinhalten sie aber das Verbessern der Innenanordnung des Schaufelblatts, um die Konstruktion und Kühlleistung der Schaufel zu verbessern. Da die Verwendung von Kühlmittel aber den Wirkungsgrad der Maschine verringert, tauschen neue Anordnungen, die sich zu stark auf höhere Kühlmittelverbrauchspegel verlassen, lediglich eine Leistungsschwäche gegen eine andere ein. Infolgedessen besteht weiterhin ein Bedarf an neuen Schaufelblattkonstruktionen, die innere Schaufelblattgestaltungen und eine Kühlmittelumwälzung bieten, welche den Kühlmittelwirkungsgrad verbessern.

[0005] Ein Faktor, der die Konstruktion von innengekühlten Schaufelblättern noch komplizierter macht, ist der Temperaturunterschied, der sich während des Betriebs zwischen der Innen- und Aussenstruktur der Schaufelblätter entwickelt. Das heisst, weil sie mit dem Heissgasweg in Kontakt sind, liegen die Aussenwände des Schaufelblatts während des Betriebs gewöhnlich auf viel höheren Temperaturen als viele der inneren Rippen, in denen z.B. Kühlmittel durch Gänge strömt, die an jeder Seite von ihnen definiert sind. Tatsächlich beinhaltet eine übliche Schaufelblattgestaltung eine «vierwandige» Anordnung, in der längere Innenrippen parallel zu den druck- und saugseitigen Aussenwänden verlaufen. Es ist bekannt, dass sich durch die wandnahen Strömungsdurchgänge, die in der vierwandigen Anordnung ausgebildet sind, eine hohe Kühlleistung erreichen lässt, die Aussenwände aber einen bedeutend höheren Grad an Wärmeausdehnung erfahren als die Innenwände. Diese unausgeglichene Ausdehnung verursacht die Entwicklung von Belastungen an den Verbindungspunkten der Innenrippen und Aussenwände, die eine Kurzzeitermüdung verursachen können, die die Lebensdauer der Schaufel verkürzen kann. Von daher bleibt die Entwicklung von Schaufelblattkonstruktionen, die Kühlmittel effizienter nutzen, während sie gleichzeitig durch unausgeglichene Wärmeausdehnung zwischen den inneren und äusseren Regionen verursachte Belastungen reduzieren, eine bedeutende technologische Aufgabe für die Industrie.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die vorliegende Anmeldung beschreibt daher ein Schaufelblatt mit einer Vorderkante, einer Hinterkante, einer aus-senliegenden Spitze und einem innenliegenden Ende, an dem das Schaufelblatt an einer Wurzel angebracht ist, die zur Kopplung der Turbinenschaufel mit einem Rad gestaltet ist. Das Schaufelblatt kann des Weiteren eine Kühlungsanordnung beinhalten, die mehrere längliche Strömungsdurchgänge zum Aufnehmen und Leiten eines Kühlmittels an einem Weg durch das Schaufelblatt entlang aufweist. Die Kühlungsanordnung kann Folgendes beinhalten: einen zentralen Strömungsdurchgang, der an jeder Seite von wandnahen Strömungsdurchgängen flankiert wird, zu denen ein druckseitiger wandnaher Strömungsdurchgang und ein saugseitiger wandnaher Strömungsdurchgang zählen, ein erstes Loch, das den mittleren Strömungsdurchgang mit einem stromaufwärtigen Teil des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs in Strömungsverbindung setzt, ein zweites Loch, das den mittleren Strömungsdurchgang mit einem stromaufwärtigen Teil des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs in Strömungsverbindung setzt, einen Vorderkanten-Strömungsdurchgang und Prallverbinder, die den mittleren Strömungsdurchgang mit dem Vorderkanten-Strömungsdurchgang in Strömungsverbindung setzen.

[0007] Der Vorderkanten-Strömungsdurchgang kann in enger Nähe zur Vorderkante des Schaufelblatts positioniert sein, wobei der Vorderkanten-Strömungsdurchgang in zur Vorderkante des Schaufelblatts beabstandeter Beziehung von einem

ersten Ende, das nahe dem innenliegende Ende des Schaufelblatts positioniert ist, zu einem zweiten Ende, das nahe der aussenliegenden Spitze des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach aussen verläuft.

[0008] Die Prallverbinder können ausgeführt sein, um Kühlmittel vom mittleren Strömungsdurchgang zum Vorderkanten-Strömungsdurchgang hindurchströmen und auf einer Innenfläche der die Vorderkante bildenden Wand aufprallen zu lassen.

[0009] Der Vorderkanten-Strömungsdurchgang einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann Oberflächenauslässe aufweisen, durch die das Kühlmittel aus der Turbinenschaufel ausgelassen wird.

[0010] Die mehreren Prallverbinder einer oben erwähnten Turbinenschaufel können zwischen dem ersten und dem zweiten Ende des Vorderkanten-Strömungsdurchgangs radial voneinander beabstandet sein.

[0011] Der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann einen ersten und einen zweiten Strömungsdurchgang haben, die axial stapeiförmig angeordnet und parallel sind, jeweils mit einer von der druckseitigen Aussenwand des Schaufelblatts definierten Innenwand.

[0012] Der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann einen ersten und einen zweiten Strömungsdurchgang haben, die axial stapeiförmig angeordnet und parallel sind, jeweils mit einer von der saugseitigen Aussenwand des Schaufelblatts definierten Innenwand.

[0013] Der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann einen Serpentinenzirkel aufweisen, der Folgendes beinhaltet: ein erstes Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach aussen zu einem zweiten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, verläuft, ein zweites Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach innen zu einem zweiten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, verläuft, und einen Verbindungsdurchgang, der nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts das zweite Ende des ersten Segments mit dem ersten Ende des zweiten Segments in Strömungsverbindung setzt.

[0014] Der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann einen Serpentinenzirkel aufweisen, der Folgendes beinhaltet: ein erstes Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach aussen zu einem zweiten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, verläuft, ein zweites Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach innen zu einem zweiten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, verläuft, und einen Verbindungsdurchgang, der nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts das zweite Ende des ersten Segments mit dem ersten Ende des zweiten Segments in Strömungsverbindung setzt.

[0015] Das erste und das zweite Segment des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs einer oben erwähnten Turbinenschaufel können sich eine gemeinsame Trennwand teilen, die angeordnet ist, um eine feste beabstandete Beziehung dazwischen aufrecht zu erhalten, wobei das erste und das zweite Segment des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs sich eine gemeinsame Trennwand teilen, die angeordnet ist, um eine feste beabstandete Beziehung dazwischen aufrecht zu erhalten, und die Schaufel kann des Weiteren einen sinusförmigen Spitzen-Strömungsdurchgang aufweisen, der mit wenigstens einem der Verbindungsdurchgänge verbunden ist.

[0016] Das erste und das zweite Segment des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs einer oben erwähnten Turbinenschaufel können von einer Querrippe, welche die druckseitige Aussenwand mit einer Skelettrippenlinie verbindet, unterteilt werden, wobei das erste und das zweite Segment des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs von einer Querrippe unterteilt werden, welche die saugseitige Aussenwand mit einer Skelettrippenlinie verbindet.

[0017] Das erste Loch einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann nahe dem zweiten Ende des zweiten Segments des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs angeordnet sein und das zweite Loch ist nahe dem zweiten Ende des zweiten Segments des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs angeordnet.

[0018] Das erste Ende des ersten Segments des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann eine Verbindung mit einem Kühlmittelzufuhrdurchgang aufweisen, der durch die Wurzel der Turbinenschaufel ausgebildet ist, wobei das erste Ende des ersten Segments des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs eine Verbindung mit einem Kühlmittelzufuhrdurchgang aufweist, der durch die Wurzel der Turbinenschaufel ausgebildet ist.

[0019] Die Turbinenschaufel einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann eine Turbinenlaufschaufel umfassen, wobei die Kühlungsanordnung eine Position nahe der Vorderkante des Schaufelblatts umfasst.

[0020] Der mittlere Strömungsdurchgang, der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang, der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang und der Vorderkanten-Strömungsdurchgang einer oben erwähnten Turbinenschaufel können zwischen der Vorderkante des Schaufelblatts und einem Mittelpunkt einer Skelettlinie des Schaufelblatts angeordnet sein.

[0021] Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist eine Turbinenschaufel, die ein Schaufelblatt aufweist, das von einer konkav geformten druckseitigen Aussenwand und einer konvex geformten saugseitigen Aussenwand definiert wird, die an Vorder- und Hinterkante entlang miteinander verbunden sind und dazwischen eine radial verlaufende Kammer zur Aufnahme eines

Kühlmittelstroms bilden, wobei die Kammer eine Kühlungsanordnung hat, die Folgendes aufweist: drei seitwärts stapeiförmig angeordnete Strömungsdurchgänge, die zwischen der druckseitigen Aussenwand und der saugseitigen Aussenwand positioniert sind, einen druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgang, der an die druckseitige Aussenwand angrenzend angeordnet ist, einen saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgang, der an die saugseitige Aussenwand angrenzend angeordnet ist, und einen zentralen Zwischenraum, der zwischen dem druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgang und dem saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgang angeordnet ist, und einen Vorderkanten-Strömungsdurchgang, der in enger Nähe und parallel zur Vorderkante des Schaufelblatts positioniert ist, wobei Löcher den mittleren Strömungsdurchgang mit einem stromabwärtigen Teil des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs und einem stromabwärtigen Teil des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs in Strömungsverbindung setzen und wobei Prallverbinder den mittleren Strömungsdurchgang mit dem Vorderkanten-Strömungsdurchgang in Strömungsverbindung setzen.

[0022] Der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann einen axial stapeiförmig angeordneten serpentinartigen Zweipasskreis umfassen, wobei jeder Pass eine Innenwand beinhaltet, die mit der druckseitigen Aussenwand in Kontakt ist, wobei der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang einen axial stapeiförmig angeordneten serpentinartigen Zweipasskreis umfasst, wobei jeder Pass eine Innenwand beinhaltet, die mit der saugseitigen Aussenwand in Kontakt ist.

[0023] Der serpentinartige Zweipasskreis des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann nahe einer aussenliegenden Spitze des Schaufelblatts eine 180-Grad-Umlenkung aufweisen, wobei der serpentinartige Zweipasskreis des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs nahe der aussenliegenden Spitze des Schaufelblatts eine 180-Grad-Umlenkung aufweist.

[0024] Das stromaufwärtige Ende und der stromabwärtige Teil des serpentinartigen Zweipasskreises des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann jeweils eine Position nahe einem innenliegenden Ende des Schaufelblatts aufweisen, wobei ein stromaufwärtiges Ende und der stromabwärtige Teil des serpentinartigen Zweipasskreises des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs eine Position nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts aufweisen.

[0025] Eine oben erwähnte Turbinenschaufel kann des Weiteren im Vorderkanten-Strömungsdurchgang mehrere Ablassöffnungen zum Ablassen des Kühlmittels auf eine Aussenfläche des Schaufelblatts aufweisen, wobei die Prallverbinder ausgeführt sind, um Kühlmittel vom mittleren Strömungsdurchgang zum Vorderkanten-Strömungsdurchgang hindurchströmen und auf einer Innenfläche der die Vorderkante bildenden Wand aufprallen zu lassen.

[0026] Diese und andere Merkmale der vorliegenden Anmeldung werden bei der Prüfung der folgenden ausführlichen Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen, wenn in Verbindung mit den Zeichnungen und den angehängten Ansprüchen betrachtet, offensichtlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027] Diese und andere Merkmale dieser Erfindung werden beim sorgfältigen Studium der folgenden ausführlicheren Beschreibung von beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den Begleitzeichnungen umfassen-der verstanden und erfasst werden, wobei:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Turbinenmaschine ist, in der gewisse Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung genutzt werden können,
- Fig. 2 eine Schnittansicht des Verdichterabschnitts der Verbrennungsturbinenmaschine von Fig. 1 ist,
- Fig. 3 eine Schnittansicht des Turbinenabschnitts der Verbrennungsturbinenmaschine von Fig. 1 ist,
- Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer Turbinenlaufschaufel des Typs ist, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können,
- Fig. 5 eine seitliche Schnittansicht einer Turbinenlaufschaufel ist, die eine Innenwandanordnung gemäss einer konventionellen Konstruktion hat, und
- Fig. 6 eine Querschnittansicht der Turbinenlaufschaufel von Fig. 5 ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0028] Eingehend wird es zur klaren Beschreibung der aktuellen Erfindung notwendig, bei der Bezugnahme auf und der Beschreibung von relevante(n) Maschinenbauteile(n) innerhalb einer Gasturbine eine gewisse Terminologie zu wählen. Dabei wird möglichst immer übliche Industrieterminologie auf eine Weise verwendet und eingesetzt, die mit ihrer akzeptierten Bedeutung übereinstimmt. Sofern nicht anders angegeben, ist derartige Terminologie in Übereinstimmung mit dem Zusammenhang der vorliegenden Anmeldung und dem Umfang der angehängten Ansprüche weit auszulegen. Der Durchschnittsfachmann wird erkennen, dass ein spezielles Bauteil oft unter Verwendung mehrerer verschiedener oder überlappender Begriffe bezeichnet werden kann. Was hierin als einzelnes Bauteil beschrieben werden kann, kann in einem

anderen Zusammenhang mehrere Bauteile beinhalten und als aus mehreren Bauteilen bestehend bezeichnet werden. Alternativ kann das, was hierin als mehrere Bauteile beinhaltend beschrieben wird, an anderer Stelle als ein Einzelteil bezeichnet werden. Dementsprechend ist beim Verstehen des Umfangs der vorliegenden Erfindung nicht nur die hierin vorgesehene Terminologie und Beschreibung zu beachten, sondern auch die Struktur, Anordnung, Funktion und/oder Nutzung des Bauteils.

[0029] Hierin können ausserdem regelmässig mehrere beschreibende Begriffe verwendet werden und es sollte sich als nützlich erweisen, diese Begriffe zu Beginn dieses Abschnitts zu definieren. Diese Begriffe und ihre Definitionen, sofern nicht anders angegeben, sind wie folgt. «Stromabwärts» und «stromaufwärts», wie hierin verwendet, sind Begriffe, die eine Richtung relativ zur Strömung eines Fluids andeuten, wie des Arbeitsfluids durch die Turbinenmaschine oder zum Beispiel der Luftstrom durch die Brennkammer oder des Kühlmittelstroms durch eines der Bauteilsysteme der Turbine. Der Begriff «stromabwärts» entspricht der Fluidströmungsrichtung und der Begriff «stromaufwärts» bezieht sich auf die Richtung, die der Strömung entgegengesetzt ist. Die Begriffe «vorn» und «hinten» ohne weitere Spezifität beziehen sich auf Richtungen, wobei «vorn» sich auf das vordere oder Verdichterende der Maschine und «hinten» sich auf das hintere oder Turbinenende der Maschine bezieht. Oft müssen Teile beschrieben werden, die sich in Bezug auf eine Mittelachse an verschiedenen radialen Positionen befinden. Der Begriff «radial» bezieht sich auf eine zu einer Achse lotrechte Bewegung oder Position. In Fällen wie diesem wird, wenn ein erstes Bauteil näher an der Achse liegt als ein zweites Bauteil, hierin angegeben, dass das erste Bauteil vom zweiten Bauteil «radial einwärts» oder «innenliegend» ist. Wenn dagegen das erste Bauteil weiter von der Achse entfernt ist als das zweite Bauteil, kann hierin angegeben werden, dass das erste Bauteil vom zweiten Bauteil «radial auswärts» oder «aussenliegend» ist. Der Begriff «axial» bezieht sich auf eine zu einer Achse parallele Bewegung oder Position. Und schliesslich bezieht sich der Begriff «in Umfangsrichtung» auf eine Bewegung oder Position um eine Achse. Es ist zu erkennen, dass derartige Begriffe in Bezug auf die Mittelachse der Turbine angewendet werden können.

[0030] Als Hintergrund, jetzt Bezug nehmend auf die Figuren, veranschaulichen die Fig. 1 bis 4 eine beispielhafte Verbrennungsturbinenmaschine, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Der Fachmann versteht, dass die vorliegende Erfindung nicht auf diesen Nutzungstyp beschränkt ist. Wie angegeben, kann die vorliegende Erfindung in Verbrennungsturbinenmaschinen verwendet werden, wie jenen, die in der Stromerzeugung und in Flugzeugen, in Dampfturbinenmaschinen sowie in anderen Drehkraftmaschinentypen verwendet werden. Es ist nicht vorgesehen, dass die gegebenen Beispiele den Typ der Turbinenmaschine beschränken.

[0031] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Verbrennungsturbinenmaschine 10. Im Allgemeinen funktionieren Verbrennungsturbinenmaschinen, indem sie einem druckbeaufschlagten Heissgasstrom, der durch die Verbrennung eines Brennstoffs in einem Strom verdichteter Luft erzeugt wird, Energie entnehmen. Wie in Fig. 1 gezeigt, kann die Verbrennungsturbinenmaschine 10 mit einem Axialverdichter 11, der durch eine gemeinsame Welle oder einen gemeinsamen Läufer mechanisch mit einem oder einer stromabwärtigen Turbinenabschnitt oder Turbine 13 gekoppelt ist, und einer zwischen dem Verdichter 11 und der Turbine 13 positionierten Brennkammer 12 ausgestaltet sein.

[0032] Fig. 2 veranschaulicht eine Ansicht eines beispielhaften mehrstufigen Axialverdichters 11, der in der Verbrennungsturbinenmaschine von Fig. 1 verwendet werden kann. Wie gezeigt, kann der Verdichter 11 mehrere Stufen beinhalten. Jede Stufe kann eine Reihe von Verdichterlaufschaufern 14 gefolgt von einer Reihe von Verdichterleitschaufern 15 beinhalten. Daher kann eine erste Stufe eine Reihe von Verdichterlaufschaufern 14 beinhalten, die sich um eine mittlere Welle drehen, gefolgt von einer Reihe von Verdichterleitschaufern 15, die während des Betriebs unbeweglich bleiben.

[0033] Fig. 3 veranschaulicht eine Teilansicht eines bzw. einer beispielhaften Turbinenabschnitts oder Turbine 13, die in der Verbrennungsturbinenmaschine von Fig. 1 verwendet werden kann. Die Turbine 13 kann mehrere Stufen beinhalten. Abgebildet sind drei beispielhafte Stufen, in der Turbine 13 können sich aber mehr oder weniger Stufen befinden. Eine erste Stufe beinhaltet mehrere Turbinenlaufschaufern 16, die sich während des Betriebs um die Welle drehen, und mehrere Leitschaufern 17, die während des Betriebs ortsfest bleiben. Die Turbinenleitschaufern 17 sind im Allgemeinen in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und um die Drehachse befestigt. Die Turbinenlaufschaufern 16 können zur Drehung um die Welle (nicht gezeigt) an einem Turbinenrad (nicht gezeigt) montiert sein. Es ist auch eine zweite Stufe der Turbine 13 dargestellt. Die zweite Stufe beinhaltet gleichermassen mehrere in Umfangsrichtung voneinander beabstandete Turbinenleitschaufern 17 gefolgt von mehreren in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Turbinenlaufschaufern 16, die zur Drehung ebenfalls an einem Turbinenrad montiert sind. Auch eine dritte Stufe ist dargestellt und beinhaltet gleichermassen mehrere Turbinenleitschaufer 17 und -laufschaufern 16. Es ist zu beachten, dass die Turbinenleitschaufern 17 und die Turbinenlaufschaufern 16 im Heissgasweg der Turbine 13 liegen. Die Strömungsrichtung der heissen Gase durch den Heissgasweg wird von dem Pfeil angezeigt. Der Durchschnittsfachmann erkennt, dass die Turbine 13 mehr oder in einigen Fällen weniger Stufen als die in Fig. 3 dargestellten haben kann. Jede zusätzliche Stufe kann eine Reihe von Turbinenleitschaufern 17 gefolgt von einer Reihe von Turbinenlaufschaufern 16 beinhalten.

[0034] In einem Betriebsbeispiel kann die Drehung der Verdichterlaufschaufern 14 innerhalb des Axialverdichters 11 einen Luftstrom verdichten. In der Brennkammer 12 kann Energie freigesetzt werden, wenn die verdichtete Luft mit einem Brennstoff vermischt und entzündet wird. Der sich dadurch ergebende Strom heisser Gase aus der Brennkammer 12, der als das Arbeitsfluid bezeichnet werden kann, wird dann über die Turbinenlaufschaufern 16 geleitet, wobei der Arbeitsfluidstrom die Drehung der Turbinenlaufschaufern 16 um die Welle bewirkt. Dadurch wird die Strömungsenergie des Arbeitsfluids in die mechanische Energie der umlaufenden Schaufern und, aufgrund der Verbindung zwischen den Laufschaufern und

der Welle, der rotierenden Welle umgesetzt. Die mechanische Energie der Welle kann dann zum Antreiben der Drehung der Verdichterlaufschaufeln 14, so dass die notwendige Zufuhr von verdichteter Luft erzeugt wird, und auch z.B. eines Generators zur Elektrizitätserzeugung verwendet werden.

[0035] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht einer Turbinenlaufschaufel 16 des Typs, bei dem Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können. Die Turbinenlaufschaufel 16 beinhaltet eine Wurzel 21, über die die Laufschaufel 16 an einem Laufrad angebracht wird. Die Wurzel 21 kann einen Schwalbenschwanz beinhalten, der zum Einbau in einer im Aussenrand des Laufrads ausgebildeten entsprechenden Schwalbenschwanznut gestaltet ist. Die Wurzel 21 kann des Weiteren einen Schaft beinhalten, der zwischen dem Schwalbenschwanz und einer Plattform 24 verläuft, die an der Verbindungsstelle des Schaufelblatts 25 und der Wurzel 21 angeordnet ist und einen Teil der innenliegenden Grenze des Strömungswegs durch die Turbine 13 definiert. Es ist zu beachten, dass das Schaufelblatt 25 die aktive Komponente der Laufschaufel 16 ist, die den Arbeitsfluidstrom abfängt und das Laufrad zum Drehen veranlasst. Die Schaufel in diesem Beispiel ist zwar eine Turbinenlaufschaufel 16, es ist aber zu beachten, dass die vorliegende Erfindung auch auf andere Schaufeltypen innerhalb der Turbinenmaschine 10 angewendet werden kann, einschliesslich Turbinenleitschaufeln 17. Es ist erkennbar, dass das Schaufelblatt 25 der Laufschaufel 16 eine konkave druckseitige Aussenwand 26 und eine in Umfangsrichtung oder quer gegenüberliegende konvexe saugseitige Aussenwand 27 beinhaltet, die sich axial zwischen einer Vorder- und einer Hinterkante 28 bzw. 29 erstrecken, die einander entgegengesetzt sind. Die Seitenwände 26 und 27 verlaufen auch von der Plattform 24 in der radialen Richtung zu einer aussenliegenden Spitze 31.

[0036] Fig. 5 und 6 stellen beispielhafte Ausführungsformen von Innenwandstrukturen bereit, die eine Kühlungsanordnung gemäss der vorliegenden Erfindung definieren. Wie angedeutet, kann die Kühlungsanordnung mehrere längliche Strömungsdurchgänge zum Aufnehmen und Leiten eines Kühlmittels durch das Schaufelblatt 25 beinhalten. Die Kühlungsanordnung kann nahe der Vorderkante 28 des Schaufelblatts 25 positioniert sein. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die mehreren Strömungsdurchgänge, die in der Kühlungsanordnung der vorliegenden Erfindung enthalten sind, in der vorderen Hälfte des Schaufelblatts 25 positioniert.

[0037] Im Allgemeinen beinhaltet die Kühlungsanordnung, wie in den Fig. 5 und 6 veranschaulicht, einen zentralen Strömungsdurchgang 40, der an jeder Seite von wandnahen Strömungsdurchgängen 43, 44 flankiert wird. Zu den wandnahen Strömungsdurchgängen zählen ein druckseitiger wandnaher Strömungsdurchgang 43 und ein saugseitiger wandnaher Strömungsdurchgang 44. Vor dem mittleren Strömungsdurchgang 40 positioniert, kann ein Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 in enger Nähe und parallel zur Vorderkante 28 des Schaufelblatts 25 positioniert sein. Ein Loch 46 kann den mittleren Strömungsdurchgang 40 mit einem stromabwärtigen Teil des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 43 in Strömungsverbindung setzen. Ein weiteres Loch 46 kann den mittleren Strömungsdurchgang 40 mit einem stromabwärtigen Teil des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 44 in Strömungsverbindung setzen. Schliesslich können Prallverbinder 48 den mittleren Strömungsdurchgang 40 mit dem Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 in Strömungsverbindung setzen.

[0038] Es ist zu erkennen, dass die Kühlungsanordnung der vorliegenden Erfindung zwischen der druckseitigen Aussenwand 26 und der saugseitigen Aussenwand 27 die seitwärtige stapelförmige Anordnung von drei Strömungsdurchgängen vorsieht: dem druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgang 43, der an die druckseitige Aussenwand 26 angrenzend angeordnet ist, dem saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgang 44, der an die saugseitige Aussenwand 27 angrenzend angeordnet ist, und den mittleren Strömungsdurchgang 40, der zwischen dem druckseitigen und dem saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgang 43, 44 angeordnet ist. Angesichts der Löcher 46, welche die stromabwärtigen Teile des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 43 und einen stromabwärtigen Teil des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 44 verbinden, ist zu erkennen, dass der Strom durch den mittleren Strömungsdurchgang 40 den kombinierten Kühlmittelstrom aus den zwei wandnahen Strömungsdurchgängen 43, 44 darstellt.

[0039] Eine Anzahl von Prallverbindern 48 setzt den mittleren Strömungsdurchgang 40 mit dem Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 in Strömungsverbindung. Wie veranschaulicht, ist der Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 in enger Nähe zur Vorderkante 28 des Schaufelblatts 25 positioniert. In bevorzugten Ausführungsformen erstreckt sich der Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 in zur Vorderkante 28 des Schaufelblatts 25 beabstandeter Beziehung radial nach aussen. An einem Ende ist der Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert. Am entgegengesetzten Ende ist der Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 nahe der aussenliegenden Spitze des Schaufelblatts 25 positioniert. Die Prallverbinder 48 sind ausgeführt, um Kühlmittel vom mittleren Strömungsdurchgang 40 zum Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 hindurchströmen zu lassen, während sie den Kühlmittelstrom auch gegen eine Innenfläche der die Vorderkante 28 des Schaufelblatts 25 bildenden Wand prallen lassen. Es ist zu erkennen, dass der Vorderkanten-Strömungsdurchgang 28 des Schaufelblatts 25 eine Region ist, die ein bedeutendes Mass an Kühlmittel erfordert, und dass das derartige Aufprallenlassen des Kühlmittelstroms seinen Wirkungsgrad verbessert. In bevorzugten Ausführungsformen kann der mittlere Strömungsdurchgang 40 radial an dem Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 entlang verlaufen. Die vielen Prallverbinder 48 können zwischen dem innenliegenden und dem aussenliegenden Ende des Vorderkanten-Strömungsdurchgangs 42 radial voneinander beabstandet sein, so dass der Kühlmittelstrom gleichmässig aufgebracht wird.

[0040] Der Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 kann eine Anzahl von Oberflächenauslässen 52 beinhalten. Diese können so angeordnet sein, dass sie einen Auslass ergeben, durch den verbrauchtes Kühlmittel aus dem Schaufelblatt

25 ausgestossen wird. Es ist zu erkennen, dass die Oberflächenauslässe 52 auch Auslässe bereitstellen, durch die Filmkühlung auf Zielflächen des Schaufelblatts 25 aufgebracht werden kann.

[0041] In einer bevorzugten Ausführungsform beinhaltet der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang 43 einen ersten und einen zweiten Strömungsdurchgang, die axial stapeiförmig angeordnet und parallel sind. Wie veranschaulicht, kann jeder dieser Strömungsdurchgänge 43 auf einer Seite von der druckseitigen Aussenwand 26 des Schaufelblatts 25 definiert werden. Der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang 43 kann einen Serpentinekreis beinhalten, der Folgendes beinhaltet: ein erstes Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert ist, radial nach aussen zu einem zweiten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert ist, verläuft, ein zweites Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert ist, radial nach innen zu einem zweiten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert ist, verläuft, und einen Verbindungsdurchgang 47, der nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 das zweite Ende des ersten Segments mit dem ersten Ende des zweiten Segments in Strömungsverbindung setzt. Angesichts dieser Anordnung teilen sich das erste und das zweite Segment des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 43 eine gemeinsame Trennwand, die angeordnet sein kann, um eine feste beabstandete Beziehung zwischen den zwei Durchgängen aufrecht zu erhalten.

[0042] Der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang 44 kann ähnlich ausgebildet sein. Das heisst, der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang 44 kann einen ersten und einen zweiten Strömungsdurchgang haben, die axial stapeiförmig angeordnet und parallel sind. Wie angedeutet, werden diese Strömungsdurchgänge 44 jeweils auf einer Seite von der saugseitigen Aussenwand 27 des Schaufelblatts 25 definiert. Der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang 44 kann einen Serpentinekreis beinhalten, der Folgendes beinhaltet: ein erstes Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert ist, radial nach aussen zu einem zweiten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert ist, verläuft, ein zweites Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert ist, radial nach innen zu einem zweiten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert ist, verläuft, und einen Verbindungsdurchgang 47, der nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 das zweite Ende des ersten Segments mit dem ersten Ende des zweiten Segments in Strömungsverbindung setzt. Bei dieser Anordnung teilen sich das erste und das zweite Segment des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 44 eine gemeinsame Trennwand, die angeordnet sein kann, um eine feste beabstandete Beziehung zwischen den zwei Durchgängen aufrecht zu erhalten.

[0043] Es ist zu erkennen, dass die Kühlungsdurchgänge dieses Anordnungstyps gewöhnlich mit zwei verbindenden rippenartigen Strukturelementen (im Folgenden «Rippen») ausgebildet sind. Derartige Rippen 60 können je nach ihrer Ausrichtung und Länge in zwei Gruppen unterteilt werden. Ein erster Typ, eine Skelettlinienrippe 62, ist gewöhnlich eine längere Rippe, die parallel oder etwa parallel zur Skelettlinie des Schaufelblatts 25 verläuft. (Die Skelettlinie des Schaufelblatts 25 ist eine sich von der Vorderkante 28 zur Hinterkante 29 erstreckende Bezugslinie, welche die Mittelpunkte zwischen der druckseitigen Aussenwand 28 und der saugseitigen Aussenwand 27 verbindet.) Der zweite Rippentyp wird hierin als eine Querrippe 66 bezeichnet. Querrippen 66 sind die kürzeren Rippen, welche die Aussenwände 26, 27 und die Skelettlinienrippen 62 verbindend gezeigt werden. Die Trennwand zwischen dem ersten und dem zweiten Segment des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 43 kann eine Querrippe 66 sein, welche die druckseitige Aussenwand 26 mit einer Skelettlinienrippe 62 verbindet. Desgleichen kann die Trennwand zwischen dem ersten und dem zweiten Segment des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 44 eine Querrippe 66 sein, welche die saugseitige Aussenwand 27 mit einer Skelettlinienrippe 62 verbindet. Wie erwähnt, haben der mittlere Strömungsdurchgang 40, der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang 43, der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang 44 und der Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 eine Position innerhalb der vorderen Hälfte des Schaufelblatts 25. Die vordere Hälfte des Schaufelblatts kann mit Bezug auf die Schaufelblattskelettlinie definiert sein. Das heisst, dass die vordere Hälfte des Schaufelblatts gemäss Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung als die Region zwischen der Vorderkante 28 und dem Mittelpunkt der Schaufelblattskelettlinie definiert werden kann.

[0044] Das stromaufwärtige Ende des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 43 (d.h. das innenliegende Ende des ersten Segments) kann mit einer Kühlmittelzuleitung 45 verbunden sein, die durch die Wurzel 21 der Turbinenschaufel 16 ausgebildet ist. Das stromaufwärtige Ende des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 44 (d.h. des innenliegenden Endes des ersten Segments) kann ebenfalls mit der Kühlmittelzuleitung 45 verbunden sein. Wie angegeben, können das erste Segment des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 43 und des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 44 von der mit der Zuleitung 45 hergestellten Verbindung in einer radialen Richtung nach aussen verlaufen und jeweils mit einem der Verbindungsdurchgänge 47 verbunden sein, die nahe der äusseren Spitze 31 des Schaufelblatts 25 ausgebildet sind. Es ist zu erkennen, dass die Verbindungsdurchgänge 47 die zwei Segmente von jedem der zwei wandnahen Strömungsdurchgänge 43, 44 in Strömungsverbindung setzen. Vom Verbindungsdurchgang 47 kann dann das zweite Segment des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 43 und des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 44 in einer radialen Richtung nach innen zu den Löchern 46 hin, die am innenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 positioniert sind, verlaufen. Es ist zu erkennen, dass der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang 43 und der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang 44, so ausgebildet, einen axial stapeiförmig angeordneten serpentineartigen Zweipasskreis bereitstellen, wobei der serpentineartige Zweipasskreis von beiden jeweils nahe der aussenliegenden Spitze 31 des Schaufelblatts 25 eine 180-Grad-Umlenkung durchläuft.

[0045] In einer alternativen Ausführungsform kann nahe der Spitze 31 des Schaufelblatts ein Spitzenströmungsdurchgang (nicht gezeigt) vorgesehen sein. Der Spitzenströmungsdurchgang kann mit den Verbindungsdurchgängen 47 des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 43 und des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs 44 verbunden sein und von ihnen gespeist werden. In einer bevorzugten Ausführungsform verläuft der Spitzenströmungsdurchgang parallel zur Spitze 31 des Schaufelblatts 24 zu den hinteren Teilen der Schaufel hin und kann eine gewundene oder sinusförmige Anordnung haben.

[0046] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann im Betrieb der hierin beschriebene Kühlkreis zum Einführen einer Zufuhr von frischem Kühlmittel über eine Zuleitung durch die Wurzel zu den stromaufwärtigen Enden der wandnahen Strömungsdurchgänge 43, 44 der Vorderkante funktionieren, die an der Druck- und der Saugseite 26, 27 des Schaufelblatts positioniert sein können. Jeder dieser wandnahen Strömungsdurchgänge 43, 44 kann eine serpentinenartige Form haben, die frisches Kühlmittel zuerst durch ein aussenliegendes Segment, das sich über die Länge des Schaufelblatts 25 erstreckt, leitet. Das Kühlmittel kann dann um etwa 180 Grad umgelenkt werden und dann von einem innenliegenden Segment, welches das Kühlmittel transportiert, zum innenliegenden Ende des Schaufelblatts 25 zurückgeleitet werden. An diesem stromabwärtigen Ende der wandnahen Strömungsdurchgänge können Löcher 46 positioniert sein, welche die zwei Ströme in einem mittleren Strömungsdurchgang 40 zusammenfassen. Der mittlere Strömungsdurchgang 40 wirkt als Zwischenraum, über den eine Anzahl von radial voneinander beabstandeten Prallverbindern 48 mit Kühlmittel gespeist wird. Die Prallverbinder 48 können Kühlmittel vom mittleren Strömungsdurchgang 40 fluidisch zum Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 fördern. Die Prallverbinder 40 sind angeordnet, um einen Kühlmittelprallstrom gegen die Wände abzugeben, die die Vorderkante des Schaufelblatts 25 bilden. Vom Vorderkanten-Strömungsdurchgang 42 kann das Kühlmittel durch Oberflächenauslässe 52 ausgestossen werden, die zum Versorgen von Zielflächen des Schaufelblatts 25 mit Filmkühlung angeordnet sein können.

[0047] Es ist zu erkennen, dass bei einer derartigen Anordnung die Kühlungsanordnung der vorliegenden Erfindung eine relativ frische Kühlmittelzufuhr zu serpentinenförmigen wandnahen Strömungsdurchgängen 43, 44 einführt, die nahe der Vorderkante 28 des Schaufelblatts 25 ausgebildet sind. Indem ein Kühlmittel zunächst an den Aussenwänden 26, 27 entlang umgewälzt und die Flüsse dann an einer stromabwärtigen Stelle im mittleren Strömungsdurchgang 40 zusammengefasst werden und nachdem jedes Wärme absorbiert hat, reduziert die vorliegende Erfindung die Temperaturdifferenz, die gewöhnlich zwischen der Innenstruktur und den Aussenwänden des Schaufelblatts 25 auftritt. Das reduziert vorteilhaft die Belastungen, die gewöhnlich aufgrund von unausgeglichener Wärmeausdehnung entstehen, die hohe Temperaturunterschiede verursachen. Ausserdem ermöglicht die vorliegende Erfindung eine «Vorheizung» von Kühlmittel zu, so dass der gesamte Kühlströmungsbedarf kleiner ist als bei direkter Versorgung der Vorderkante mit frischem Kühlmittel. Diese Vorteile werden erzielt, obwohl der Kühlkreis der vorliegenden Erfindung relativ einfach bleibt. Es ist zu erkennen, dass der vereinfachte Kreis der vorliegenden Erfindung die Druckverluste und Rückströmprobleme, die mit Kreisen mit mehr serpentinenförmigen oder gewundenen Wegen einhergehen, minimieren kann. Des Weiteren ist zu erkennen, dass die vorliegende Erfindung eine Anordnung vorsieht, die günstig abgestimmt ist. Speziell ermöglicht die Anordnung, angesichts der voneinander getrennten druckseitigen und saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgänge 43, 44, eine bequeme Einstellung der zu jeder Seite des Schaufelblatts 25 geleiteten Kühlmittelmenge. Dies ist angesichts dessen, dass die vorderen Teile eines Schaufelblatts 25 von der druckseitigen Aussenwand 26 zur saugseitigen Aussenwand 27 sehr verschiedene Wärmebeanspruchungsanforderungen haben, vorteilhaft. Von daher können durch lokale Abstimmung der konvektiven Wärmeübertragung auf jeder Seite bedeutende Durchflusseinsparungen erzielt werden.

[0048] Wie der Durchschnittsfachmann erkennt, können die vielen verschiedenen Merkmale und Konfigurationen, die oben in Bezug auf die mehreren beispielhaften Ausführungsformen beschrieben werden, des Weiteren selektiv angewendet werden, um die anderen möglichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu bilden. Um eine gewisse Kürze zu bewahren und unter Berücksichtigung der Fähigkeiten des Durchschnittsfachmanns werden zwar nicht alle möglichen Iterationen bereitgestellt oder ausführlich besprochen, es ist aber vorgesehen, dass alle von den mehreren Ansprüchen unten oder anderweitig umfassten Kombinationen und möglichen Ausführungsformen Teil der vorliegenden Patentanmeldung bilden. Ausserdem können fachkundige Personen anhand der obigen Beschreibung mehrerer beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen erkennen. Es ist vorgesehen, dass derartige Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen innerhalb der Fähigkeiten der Technik ebenfalls von den angehängten Ansprüchen abgedeckt werden. Ferner sollte es offensichtlich sein, dass das Vorangehende sich nur auf die beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Patentanmeldung bezieht und dass hierin zahlreiche Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne vom Sinn und Umfang der Patentanmeldung, wie sie von den folgenden Ansprüchen und ihren Äquivalenten definiert wird, abzuweichen.

[0049] Ein Schaufelblatt einer Turbinenlaufschaufel, die eine Kühlungsanordnung beinhaltet, die mehrere längliche Strömungsdurchgänge zum Aufnehmen und Leiten eines Kühlmittels an einem Weg durch das Schaufelblatt entlang hat. Die Kühlungsanordnung kann Folgendes beinhalten: einen zentralen Strömungsdurchgang, der an jeder Seite von wandnahen Strömungsdurchgängen flankiert wird, zu denen ein druckseitiger wandnaher Strömungsdurchgang und ein saugseitiger wandnaher Strömungsdurchgang zählen, ein erstes Loch, das den mittleren Strömungsdurchgang mit dem druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgang in Strömungsverbindung setzt, ein zweites Loch, das den mittleren Strömungsdurchgang mit dem saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgang in Strömungsverbindung setzt, und Prallverbinder, die den mittleren Strömungsdurchgang mit einem Vorderkanten-Strömungsdurchgang in Strömungsverbindung setzen.

Bezugszeichenliste**[0050]**

Verbrennungsturbinenmaschine	10
Verdichter	11
Brennkammer	12
Turbine	13
Verdichterlaufschaufel	14
Verdichterleitschaufel	15
Turbinenlaufschaufel	16
Turbinenleitschaufel	17
Wurzel	21
Plattform	24
Schaufelblatt	25
druckseitige Aussenwand	26
saugseitige Aussenwand	27
Vorderkante	28
Hinterkante	29
aussenliegende Spitze	31
Strömungsdurchgang	40
mittlerer Strömungsdurchgang	41
Vorderkanten-Strömungsdurchgang	42
druckseitiger wandnaher Strömungsdurchgang	43
saugseitiger wandnaher Strömungsdurchgang	44
Zuleitung	45
Loch	46
Verbindungsdurchgang	47
Prallverbinder	48
Oberflächenauslass	49
Rippe	60
Skelettlinienrippe	62
druckseitige Skelettlinienrippe	63
saugseitige Skelettlinienrippe	64
Querrippe	66
druckseitige Querrippe	67

saugseitige Querrippe	68
mittlere Querrippe	69

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel, aufweisend:
ein Schaufelblatt mit einer Vorderkante, einer Hinterkante, einer aussenliegenden Spitze und einem innenliegenden Ende, an dem das Schaufelblatt an einer Wurzel angebracht ist, die zur Kopplung der Turbinenschaufel mit einem Rad gestaltet ist, wobei das Schaufelblatt des Weiteren eine Kühlungsanordnung beinhaltet, die mehrere längliche Strömungsdurchgänge zum Aufnehmen und Leiten eines Kühlmittels an einem Weg durch das Schaufelblatt entlang aufweist, wobei die Kühlungsanordnung Folgendes umfasst:
einen zentralen Strömungsdurchgang, der an jeder Seite von wandnahen Strömungsdurchgängen flankiert wird, zu denen ein druckseitiger wandnahe Strömungsdurchgang und ein saugseitiger wandnahe Strömungsdurchgang zählen,
ein erstes Loch, das den mittleren Strömungsdurchgang mit einem stromaufwärtigen Teil des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs in Strömungsverbindung setzt,
ein zweites Loch, das den mittleren Strömungsdurchgang mit einem stromaufwärtigen Teil des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs in Strömungsverbindung setzt,
einen Vorderkanten-Strömungsdurchgang und
Prallverbinder, die den mittleren Strömungsdurchgang mit dem Vorderkanten-Strömungsdurchgang in Strömungsverbindung setzen.
2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, wobei der Vorderkanten-Strömungsdurchgang in enger Nähe zur Vorderkante des Schaufelblatts positioniert ist, wobei der Vorderkanten-Strömungsdurchgang in zur Vorderkante des Schaufelblatts beabstandeter Beziehung von einem ersten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, zu einem zweiten Ende, das nahe der aussenliegenden Spitze des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach aussen verläuft.
3. Turbinenschaufel nach Anspruch 2, wobei Prallverbinder ausgeführt sind, um Kühlmittel vom mittleren Strömungsdurchgang zum Vorderkanten-Strömungsdurchgang hindurchströmen und auf einer Innenfläche der die Vorderkante bildenden Wand aufprallen zu lassen.
4. Turbinenschaufel nach Anspruch 3, wobei der Vorderkanten-Strömungsdurchgang Oberflächenauslässe aufweist, durch die das Kühlmittel aus der Turbinenschaufel ausgelassen wird, und/oder wobei die mehreren Prallverbinder zwischen dem ersten und dem zweiten Ende des Vorderkanten-Strömungsdurchgangs radial voneinander beabstandet sind.
5. Turbinenschaufel nach Anspruch 2, wobei der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang einen ersten und einen zweiten Strömungsdurchgang hat, die axial stapeelförmig angeordnet und parallel sind, jeweils mit einer von der druckseitigen Aussenwand des Schaufelblatts definierten Innenwand, und/oder wobei der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang einen ersten und einen zweiten Strömungsdurchgang hat, die axial stapeelförmig angeordnet und parallel sind, jeweils mit einer von der saugseitigen Aussenwand des Schaufelblatts definierten Innenwand.
6. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, wobei der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang einen Serpentinengang aufweist, der Folgendes beinhaltet: ein erstes Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach aussen zu einem zweiten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, verläuft, ein zweites Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach innen zu einem zweiten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, verläuft, und einen Verbindungsdurchgang, der nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts das zweite Ende des ersten Segments mit dem ersten Ende des zweiten Segments in Strömungsverbindung setzt, und/oder wobei der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang einen Serpentinengang aufweist, der Folgendes beinhaltet: ein erstes Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach aussen zu einem zweiten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, verläuft, ein zweites Segment, das von einem ersten Ende, das nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, radial nach innen zu einem zweiten Ende, das nahe dem innenliegenden Ende des Schaufelblatts positioniert ist, verläuft, und einen Verbindungsdurchgang, der nahe dem aussenliegenden Ende des Schaufelblatts das zweite Ende des ersten Segments mit dem ersten Ende des zweiten Segments in Strömungsverbindung setzt.
7. Turbinenschaufel nach Anspruch 6, wobei das erste und das zweite Segment des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs sich eine gemeinsame Trennwand teilen, die angeordnet ist, um eine feste beabstandete Beziehung dazwischen aufrecht zu erhalten, und
wobei das erste und das zweite Segment des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs sich eine gemeinsame Trennwand teilen, die angeordnet ist, um eine feste beabstandete Beziehung dazwischen aufrecht zu erhalten,

die des Weiteren einen sinusförmigen Spitzen-Strömungsdurchgang aufweist, der mit wenigstens einem der Verbindungsdurchgänge verbunden ist.

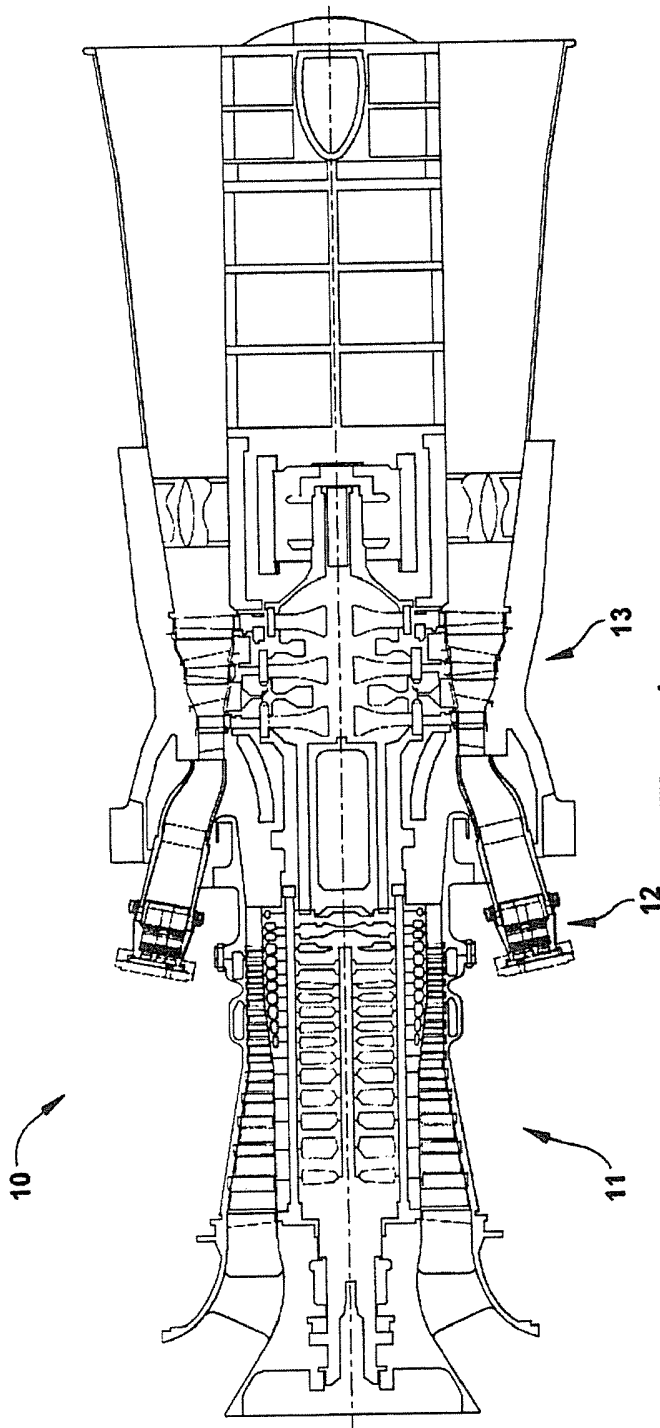
8. Turbinenschaufel nach Anspruch 7, wobei das erste und das zweite Segment des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs von einer Querrippe, welche die druckseitige Aussenwand mit einer Skelettrippenlinie verbindet, unterteilt werden, wobei das erste und das zweite Segment des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs von einer Querrippe unterteilt werden, welche die saugseitige Aussenwand mit einer Skelettrippenlinie verbindet, und/oder wobei das erste Loch nahe dem zweiten Ende des zweiten Segments des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs angeordnet ist und das zweite Loch nahe dem zweiten Ende des zweiten Segments des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs angeordnet ist, und/oder wobei das erste Ende des ersten Segments des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs eine Verbindung mit einem Kühlmittelzufuhrdurchgang aufweist, der durch die Wurzel der Turbinenschaufel ausgebildet ist, und wobei das erste Ende des ersten Segments des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs eine Verbindung mit einem Kühlmittelzufuhrdurchgang aufweist, der durch die Wurzel der Turbinenschaufel ausgebildet ist.
9. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, wobei die Turbinenschaufel eine Turbinenlaufschaufel umfasst und wobei die Kühlungsanordnung eine Position nahe der Vorderkante des Schaufelblatts umfasst und/oder wobei der mittlere Strömungsdurchgang, der druckseitige wandnahe Strömungsdurchgang, der saugseitige wandnahe Strömungsdurchgang und der Vorderkanten-Strömungsdurchgang zwischen der Vorderkante des Schaufelblatts und einem Mittelpunkt einer Skelettlinie des Schaufelblatts angeordnet sind.
10. Turbinenschaufel, die ein Schaufelblatt aufweist, das
11. von einer konkav geformten druckseitigen Aussenwand und einer konvex geformten saugseitigen Aussenwand definiert wird, die an Vorder- und Hinterkante entlang miteinander verbunden sind und dazwischen eine radial verlaufende Kammer zur Aufnahme eines Kühlmittelstroms bilden, wobei die Kammer eine Kühlungsanordnung hat, die Folgendes aufweist:

drei seitwärts stapeiförmig angeordnete Strömungsdurchgänge, die zwischen der druckseitigen Aussenwand und der saugseitigen Aussenwand positioniert sind, einen druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgang, der an die druckseitige Aussenwand angrenzend angeordnet ist, einen saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgang, der an die saugseitige Aussenwand angrenzend angeordnet ist, und einen zentralen Zwischenraum, der zwischen dem druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgang und dem saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgang angeordnet ist, und

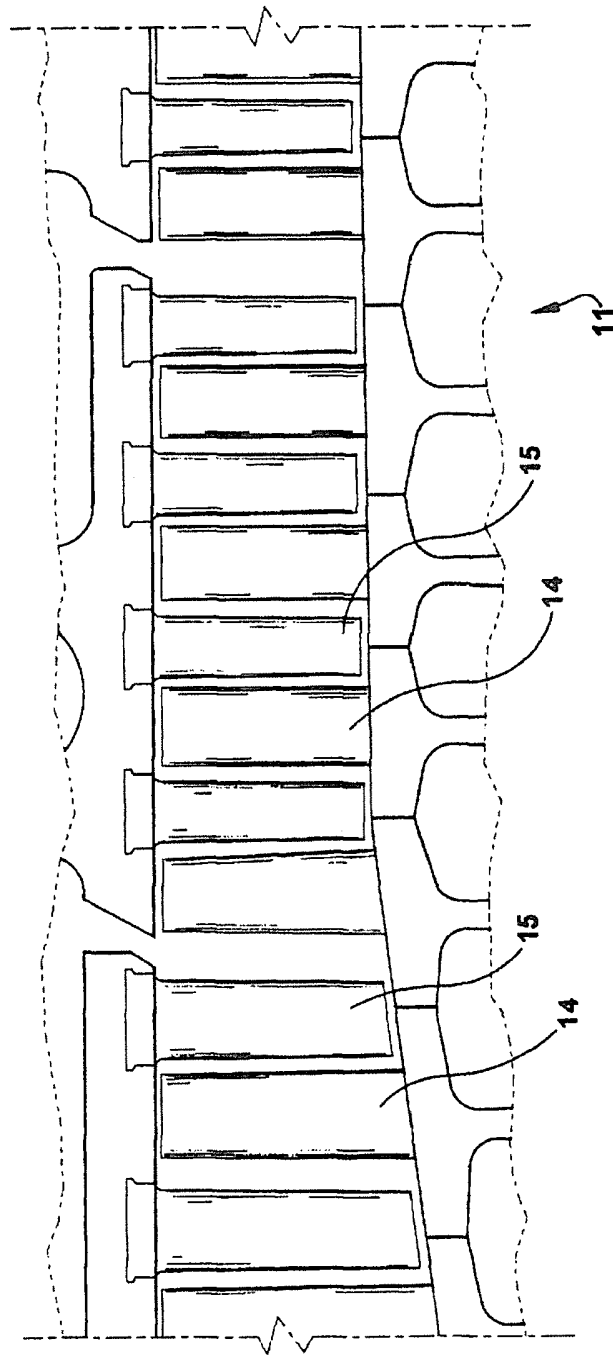
einen Vorderkanten-Strömungsdurchgang, der in enger Nähe und parallel zur Vorderkante des Schaufelblatts positioniert ist,

wobei Löcher den mittleren Strömungsdurchgang mit einem stromabwärtigen Teil des druckseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs und einem stromabwärtigen Teil des saugseitigen wandnahen Strömungsdurchgangs in Strömungsverbindung setzen und

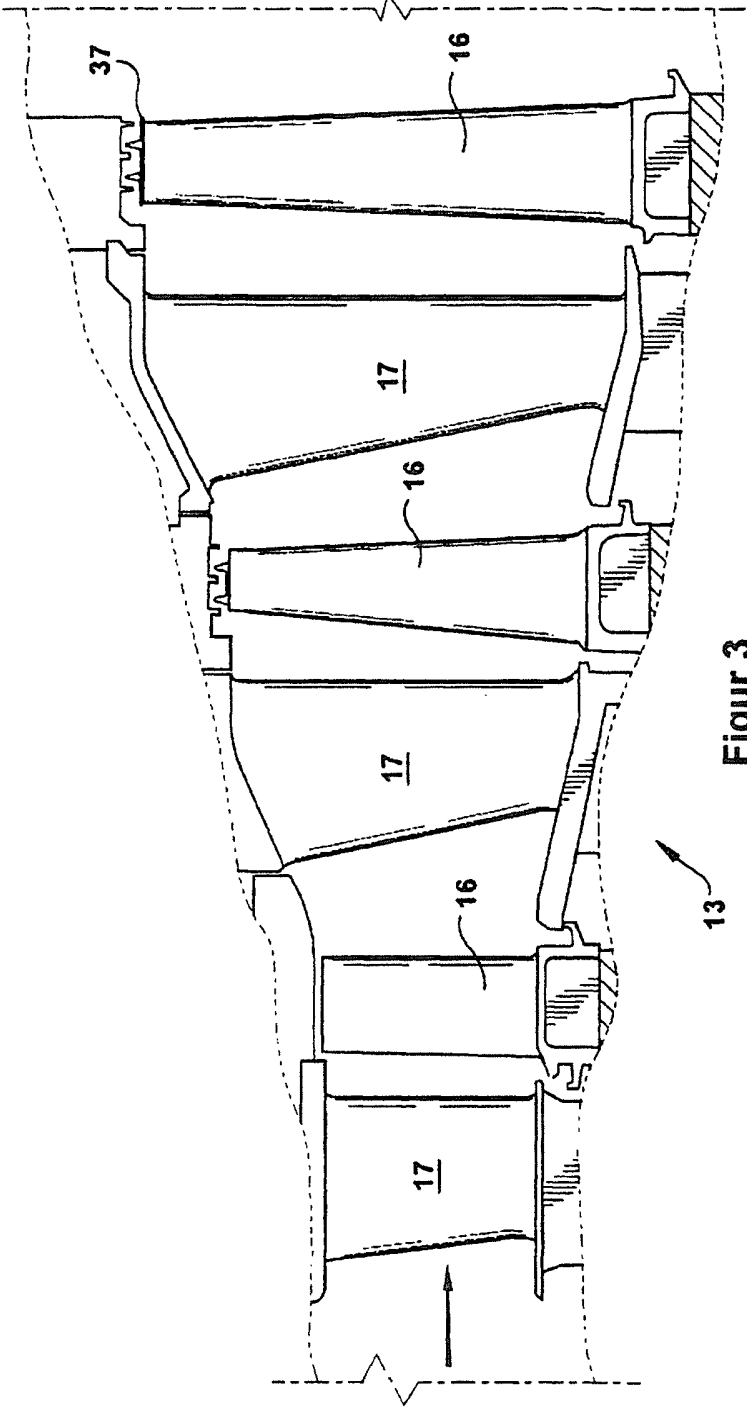
wobei Prallverbinder den mittleren Strömungsdurchgang mit dem Vorderkanten-Strömungsdurchgang in Strömungsverbindung setzen.



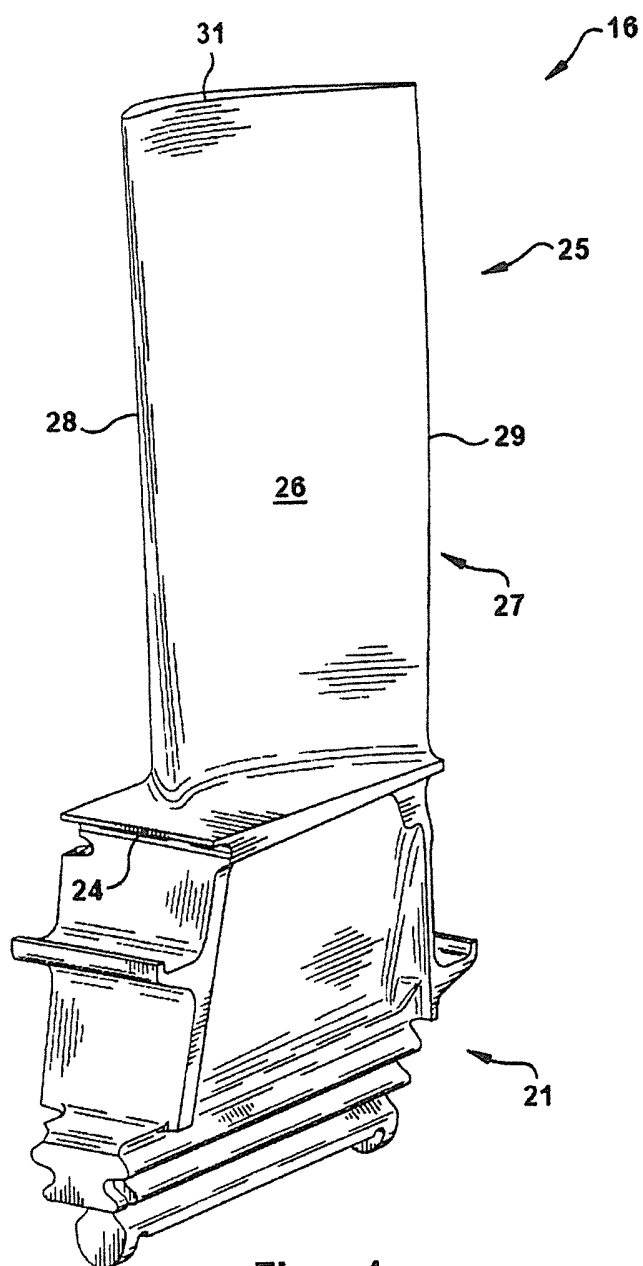
Figur 1
(Stand der Technik)



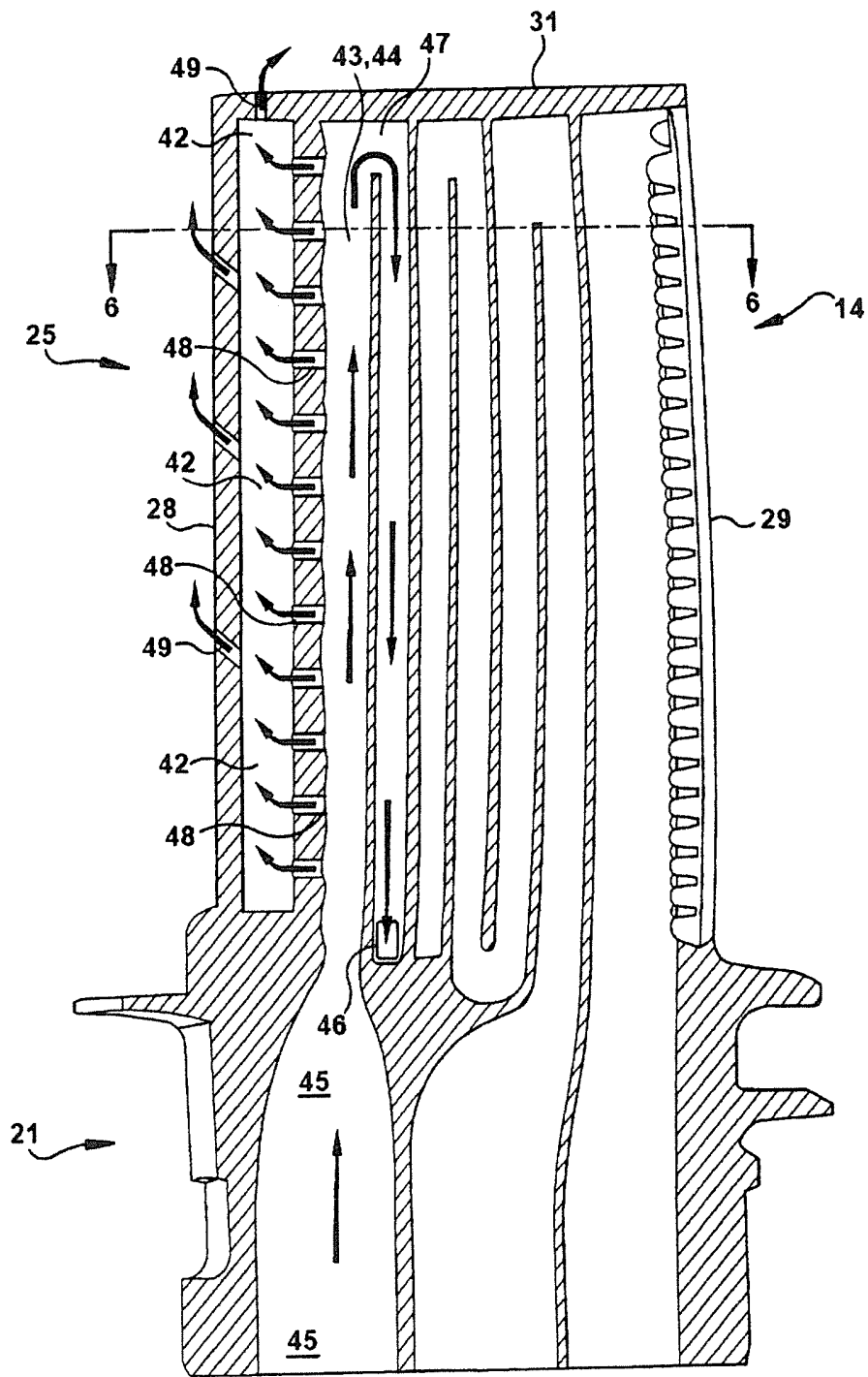
Figur 2
(Stand der Technik)



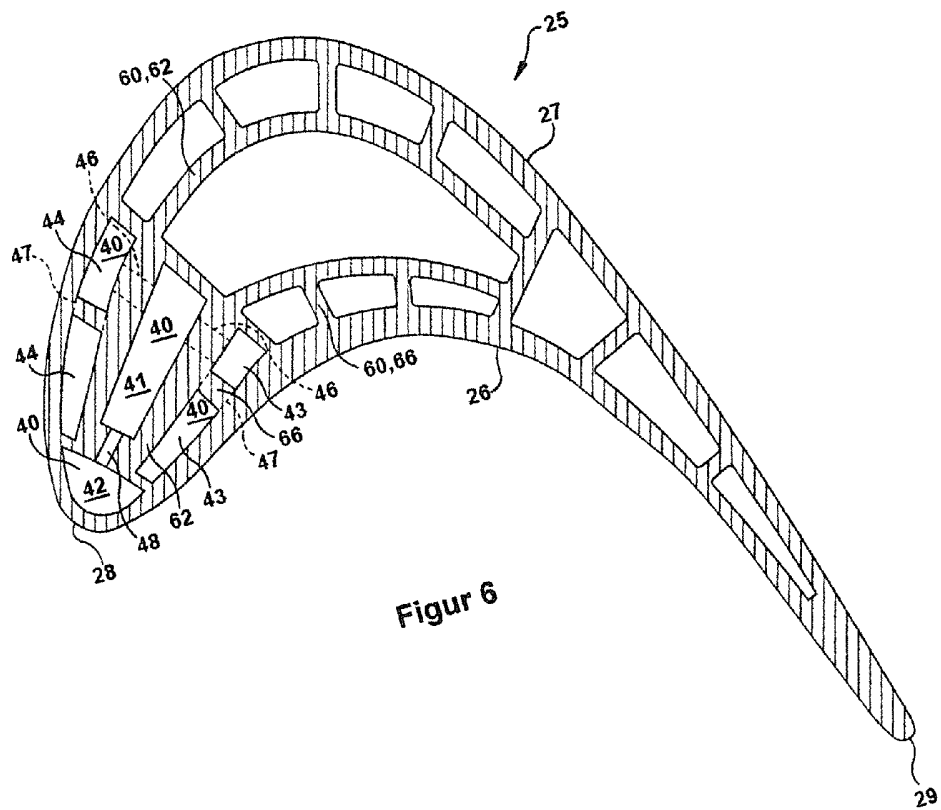
Figur 3
(Stand der Technik)



Figur 4
(Stand der Technik)



Figur 5



Figur 6