



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**20.12.2017 Patentblatt 2017/51**

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

(21) Anmeldenummer: **16175024.5**

(22) Anmeldetag: **17.06.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(72) Erfinder:  
 • **Ahmad, Fathi**  
**41564 Kaarst (DE)**  
 • **Heselhaus, Andreas**  
**40235 Düsseldorf (DE)**  
 • **Kunte, Robert**  
**40212 Düsseldorf (DE)**  
 • **Menke, Christian**  
**45329 Essen (DE)**  
 • **Weidenmüller, Anne**  
**40215 Düsseldorf (DE)**

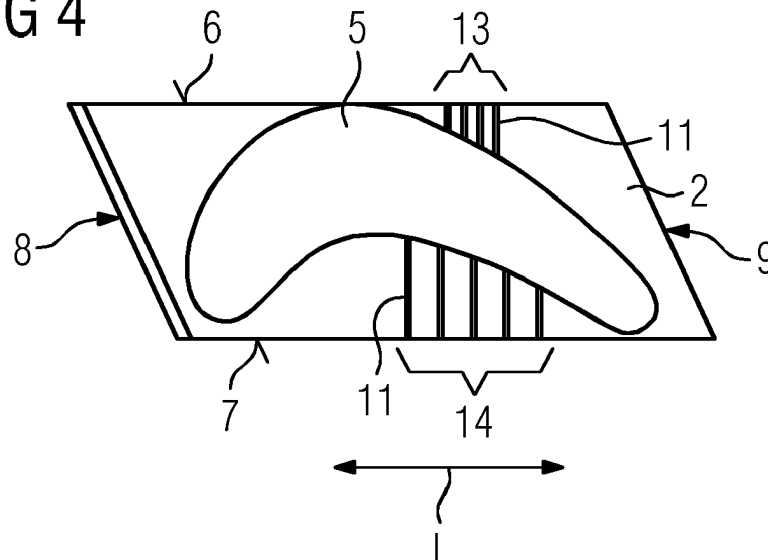
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**80333 München (DE)**

(54) **TURBINENSCHAUFEL MIT GEKÜHLTER SCHAUFELPLATTFORM UND ZUGEHÖRIGE STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Turbinenschaufel (1) für eine Strömungsmaschine, insbesondere Laufschaufel für eine Gasturbine, mit einer Schaufelplattform (2), einem Schaufelblatt (3), das von einer Oberseite der Schaufelplattform (2) abragt, und einem Schaufelfuß (4), der von einer Unterseite der Schaufelplattform (2) abragt, wobei die Schaufelplattform (2) zwei einander gegenüberliegend angeordnete Seitenflächen (6, 7) aufweist, die sich jeweils von einer Anströmseite (8) der Turbinenschaufel (1) zu einer Abströmseite (9) der Turbinenschaufel (1) erstrecken, und in dem Inneren der Schaufelplattform (2) wenigstens ein

Kühlfluidkanal (5) ausgebildet ist, der sich ausgehend von einem Hohlraum in dem Schaufelfuß (4) zu einem Hohlraum in dem Schaufelblatt (3) erstreckt, wobei in der Schaufelplattform (2) wenigstens eine Kühlfluidbohrung (11) ausgebildet ist, die sich ausgehend von dem wenigstens einen Kühlfluidkanal (5) zu einer der beiden Seitenflächen (6, 7) erstreckt und in diese unter Bildung einer Austrittsöffnung (12) mündet. Eine Strömungsmaschine mit einer solchen Turbinenschaufel wird ebenfalls präsentiert.

**FIG 4**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Turbinenschaufel für eine Strömungsmaschine, insbesondere Laufschaufel für eine Gasturbine, mit einer Schaufelplattform, einem Schaufelblatt, das von einer Oberseite der Schaufelplattform abragt, und einem Schaufelfuß, der von einer Unterseite der Schaufelplattform abragt, wobei die Schaufelplattform zwei einander gegenüberliegend angeordnete Seitenflächen aufweist, die sich jeweils von einer Anströmseite der Turbinenschaufel zu einer Abströmseite der Turbinenschaufel erstrecken, und in dem Inneren der Schaufelplattform wenigstens ein Kühlfluidkanal ausgebildet ist, der sich ausgehend von einem Hohlraum in dem Schaufelfuß zu einem Hohlraum in dem Schaufelblatt erstreckt. Ferner betrifft die Erfindung eine Strömungsmaschine mit erfindungsgemäßen Turbinenschaufeln.

**[0002]** Derartige Turbinenschaufeln sind im Stand der Technik in unterschiedlichen Ausführungen bekannt und dienen in Strömungsmaschinen dazu, die thermische und kinetische Energie eines Arbeitsfluids, insbesondere eines Heißgases in Rotationsenergie umzuwandeln. Üblicherweise umfasst eine solche Turbinenschaufel ein Schaufelblatt, das von einer Oberseite der Schaufelplattform abragt, und einen Schaufelfuß, der von einer Unterseite der Schaufelplattform abragt, um die Turbinenschaufel in der Strömungsmaschine zu befestigen.

**[0003]** Bekannte Strömungsmaschinen wie beispielsweise Gasturbinen umfassen ein Gehäuse, indem sich in einer axialen Richtung ein Strömungskanal erstreckt. In dem Strömungskanal ist eine Mehrzahl von Turbinenstufen in der axialen Richtung hintereinander und beabstandet zueinander angeordnet. Jede Turbinenstufe umfasst eine Mehrzahl von Turbinenschaufeln, die einen mit dem Gehäuse verbundenen Leitschaufelkranz und einen mit einem zentral gelagerten und das Gehäuse in der axialen Richtung durchsetzenden Läufer verbundenen Laufschaufelkranz bilden.

**[0004]** Während des Betriebs der Gasturbine wird der Strömungskanal der Gasturbine von einem Heißgas durchströmt. Das den Strömungskanal durchströmende expandierende Heißgas wird dann von den Leitschaufeln derart umgelenkt, dass es die dahinter angeordneten Laufschaufeln optimal anströmt. Das von dem Heißgas mittels der Laufschaufeln erzeugte Drehmoment versetzt den Läufer in Rotation. Diese Rotationsenergie kann dann beispielsweise mittels eines Generators in elektrische Energie umgewandelt werden.

**[0005]** Der thermodynamische Wirkungsgrad einer Gasturbine ist umso höher, je höher die Eintrittstemperatur des Heißgases in die Gasturbine ist. Jedoch sind der Höhe der Eintrittstemperatur unter anderem durch die thermische Belastbarkeit der Turbinenschaufeln Grenzen gesetzt. Dementsprechend besteht eine Zielsetzung darin, Turbinenschaufeln zu schaffen, die auch bei sehr hohen Temperaturen des Heißgases eine für den Betrieb der Gasturbine ausreichende mechanische

Beständigkeit besitzen.

**[0006]** Zum mechanischen Schutz und zur Wärmedämmung werden Turbinenschaufeln gewöhnlich mit aufwendigen Beschichtungssystemen versehen. Eine weitere Erhöhung der zulässigen Eintrittstemperatur des Heißgases während des Betriebs der Gasturbine lässt sich durch Kühlen der Turbinenschaufeln erreichen. Dazu sind in den Schaufelblättern und den Schaufelfüßen Hohlräume für ein Kühlfluid vorgesehen, die durch Kühlfluidkanäle miteinander verbunden sind, die sich ausgehend von den Hohlräumen in dem Schaufelfuß zu den Hohlräumen in den Schaufelblättern erstrecken.

**[0007]** Während des Betriebs der Gasturbine strömt ein Kühlfluid durch den Schaufelfuß und die Schaufelplattform in das Schaufelblatt, um dieses beispielsweise durch Prallkühlung, bei der das Kühlfluid derart geführt wird, dass es von innen auf die Wandung des Schaufelblatts prallt, und/oder durch Filmkühlung zu kühlen, wobei das Kühlfluid an der Außenseite des Schaufelblatts einen Kühlfilm bildet.

**[0008]** Auch die Schaufelplattformen, die üblicherweise zwei einander gegenüberliegend angeordnete Seitenflächen aufweisen, die sich jeweils von einer Anströmseite der Turbinenschaufel zu einer Abströmseite der Turbinenschaufel erstrecken, werden während des Betriebs der Gasturbine gekühlt. Die Kühlung der Seitenflächen erfolgt dadurch, dass Kühlfluid in die Zwischenräume der in einem Turbinenschaufelkranz benachbart angeordneten Schaufelplattformen eingeleitet wird. Zum Abdichten dieser Zwischenräume gegenüber dem Strömungskanal und zum Festlegen der Turbinenplattformen in der Umfangsrichtung des Turbinenschaufelkranzes werden die Zwischenräume durch sogenannte Dichtungsdrähte verschlossen. Die Dichtungsdrähte weisen quer zu ihrer Längsrichtung Durchlässe auf, durch die das Kühlfluid aus den Zwischenräumen in den Strömungskanal entweichen kann.

**[0009]** Es hat sich aber gezeigt, dass Heißgas aus dem Strömungskanal in den Bereich des Zwischenraums oberhalb des Dichtungsdrahts eindringt, und entsprechende Seitenflächenabschnitte der Schaufelplattformen einer Korrosion durch das eindringende Heißgas ausgesetzt sind. Die Oxidation der Seitenflächen der Schaufelplattformen verringert deren Lebensdauer und verhindert insbesondere deren Langzeitbetrieb wie beispielsweise im double turn, was zu erhöhten Wartungs- und Erhaltungskosten führt.

**[0010]** Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Turbinenschaufel der eingangs genannten Art zu schaffen, deren Schaufelplattform eine erhöhte Lebensdauer besitzt.

**[0011]** Die Aufgabe wird durch eine Turbinenschaufel der eingangs genannten Art gelöst, in deren Schaufelplattform wenigstens eine Kühlfluidbohrung ausgebildet ist, die sich ausgehend von dem wenigstens einen Kühlfluidkanal zu einer der beiden Seitenflächen erstreckt und in diese unter Bildung einer Austrittsöffnung mündet.

**[0012]** Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, die Seitenflächen der Schaufelplattform mittel konvektiver Kühlung und Prallkühlung zusätzlich zu kühlen. Dazu werden in der Schaufelplattform eine oder mehrere Kühlfluidbohrungen vorgesehen, die sich ausgehend von einem in der Schaufelplattform definierten Kühlfluidkanal zu einer der beiden Seitenflächen der Schaufelplattform erstrecken und in diese unter Bildung einer Austrittsöffnung münden. Das durch die Kühlfluidbohrungen strömende Kühlfluid sorgt für eine konvektive Kühlung der Schaufelplattform, und das aus der Austrittsöffnung der Kühlfluidbohrung ausströmende Kühlfluid prallt auf die Seitenfläche einer bestimmungsgemäß benachbart angeordneten Schaufelplattform, wodurch diese eine Prallkühlung erfährt. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel besteht darin, dass das aus den Austrittsöffnungen ausströmende und auf die Seitenfläche einer benachbarten Schaufelplattform aufrallende Kühlfluid eines Kühlbereichs das heiße Arbeitsfluid daran hindert, in den Zwischenraum zwischen den beiden benachbarten Schaufelplattformen einzudringen, wodurch die Korrosion der entsprechenden Seitenflächenbereiche weiter verringert wird.

**[0013]** Gemäß einer vorteilhaften Variante ist einer der beiden Seitenflächen eine Gruppe von mehreren, insbesondere von wenigstens drei und höchstens acht in der Schaufelplattform ausgebildeten Kühlfluidbohrungen zugeordnet, die sich ausgehend von dem wenigstens einen Kühlfluidkanal zu der Seitenfläche erstrecken, wobei die Austrittsöffnungen der Kühlfluidbohrungen einen Kühlbereich an der zugeordneten Seitenfläche definieren. Mit dieser Anordnung lässt sich sowohl eine gleichmäßige konvektive Kühlung als auch eine gleichmäßige Prallkühlung realisieren.

**[0014]** Alternativ dazu kann jeder der beiden Seitenflächen jeweils eine Gruppe von mehreren, insbesondere von jeweils wenigstens drei und höchstens acht in der Schaufelplattform ausgebildeten Kühlfluidbohrungen zugeordnet sein, die sich ausgehend von dem wenigstens einen Kühlfluidkanal zu der zugeordneten Seitenfläche erstrecken, wobei die Austrittsöffnungen der Gruppen von Kühlfluidbohrungen jeweils an der zugeordneten Seitenfläche einen Kühlbereich definieren. Zwei derart angeordnete Gruppen von Kühlfluidbohrungen in jeder Schaufelplattform ermöglichen eine wechselseitige Prallkühlung zueinander weisender Seitenflächen bestimmungsgemäß benachbart angeordneter Schaufelplattformen. Zudem kann die Schaufelplattform beiderseits einer sich von der Anströmseite zu der Abströmseite durch die Schaufelplattform erstreckenden Mittelachse konvektiv gekühlt werden.

**[0015]** Gemäß einer Weiterentwicklung sind die beiden Kühlbereiche bezogen auf eine sich von der Anströmseite zu der Abströmseite durch die Schaufelplattform erstreckende Mittelachse auf gleicher Höhe angeordnet. Dadurch können unerwünschte schräggerichtete Temperaturgradienten und mit diesen einhergehende Scherspannungen in der Schaufelplattform effektiv ver-

mieden werden.

**[0016]** Bevorzugt besitzt die Schaufelplattform die Form eines Parallelogramms oder eines Rechtecks und sind die beiden Gruppen von Kühlfluidbohrungen derart ausgebildet, dass die zueinander weisenden Kühlbereiche zweier bestimmungsgemäß benachbart angeordneter baugleicher Schaufelplattformen in der Längsrichtung der Seitenflächen nebeneinander angeordnet sind und insbesondere miteinander einen zusammenhängenden Kühlbereich bilden. Wenn die Schaufelplattform in an sich bekannter Weise eine Grundfläche in der Form eines Parallelogramms besitzt und ihre gegenüberliegenden Kühlbereiche bezogen auf die Mittelachse einer Schaufelplattform auf gleicher Höhe angeordnet sind, können die zueinander weisenden Kühlbereiche zweier bestimmungsgemäß benachbart angeordneter baugleicher Schaufelplattformen in der Längsrichtung der Seitenflächen nebeneinander angeordnet sein, wodurch zwischen den benachbart angeordneten baugleichen Schaufelplattformen ein größerer zusammenhängender Kühlbereich geschaffen wird. Bei einer solchen Überlappungsfreien und lückenlosen Anordnung ergänzen sich die zueinander weisenden Kühlbereiche benachbart angeordneter Schaufelplattformen derart, dass in jeder der benachbarten Schaufelplattformen weniger Kühlfluidbohrungen benötigt werden, um gemeinsam eine vorgegebene Wirkung zu erzielen.

**[0017]** Vorteilhaft ist jeder Kühlbereich in einem mittleren Längsabschnitt der Seitenfläche angeordnet, der sich gemessen von der Anströmseite ausgehend von 40% der Länge der Seitenfläche bis 80% der Länge der Seitenfläche erstreckt, und/oder in einem vorderen Längsabschnitt der Seitenfläche angeordnet, der sich gemessen von der Anströmseite ausgehend von der Anströmseite bis 40% der Länge der Seitenfläche erstreckt. Während des Betriebs der Strömungsmaschine stellt sich eine zumeist ungleichmäßige dynamische Druckverteilung des Arbeitsfluids über der Schaufelplattform ein, die häufig dazu führt, dass heißes Arbeitsfluid in einem mittleren Längsabschnitt der Seitenflächen in den Zwischenraum zwischen benachbarten Schaufelplattformen eindringt. Eine Anordnung der Kühlbereiche in dem mittleren Abschnitt der Seitenflächen kann dies infolge einer entsprechenden Sperrwirkung wenigstens teilweise verhindern. Da sich das heiße Arbeitsfluid andererseits beim Strömen durch den Strömungskanal abkühlt, sind die anströmseitigen Bereiche der Turbinenschaufeln, insbesondere der Seitenflächen der Schaufelplattformen einer besonders hohen thermischen Belastung ausgesetzt. Eine Anordnung des Kühlbereichs in einem anströmseitigen Längsabschnitt erhöht daher die thermische Belastbarkeit dieses thermisch am stärksten belasteten Bereichs. Selbstverständlich können die beiden Anordnungen auch miteinander kombiniert werden, um beide Schutzwirkungen zu erzielen.

**[0018]** Gemäß einer Variante ist in dem Inneren der Schaufelplattform eine Mehrzahl von Kühlfluidkanälen ausgebildet, und die Kühlfluidbohrungen erstrecken sich

ausgehend von verschiedenen Kühlfluidkanälen zu den jeweils zugeordneten Seitenflächen. Auf diese Weise lassen sich auf einfache Weise Kühlfluidbohrungen geringer Länge derart vorsehen, dass der durch sie definierte Kühlbereich den gesamten kühlbedürftigen Seitenflächenabschnitt der Schaufelplattform umfasst. Falls die Kühlfluidbohrungen verschiedenen Kühlfluidkreisläufen zugeordnet sind, lässt sich bei dieser Ausgestaltung ferner Kühlfluid verschiedener Kühlkreisläufe zur Kühlung der Zwischenräume zwischen benachbarten Schaufelplattformen verwenden.

**[0019]** Vorteilhaft liegt das Verhältnis des Abstandes der Austrittsöffnungen benachbarter Kühlfluidbohrungen einer Gruppe oder jeder Gruppe zu ihren jeweiligen Durchmessern im Bereich von 10 bis 20, wobei ein Durchmesser einer Kühlfluidbohrung als Durchmesser des kleinsten ihrer Querschnittskontur umschriebenen Kreises definiert ist. Dies stellt eine ausreichende Dichte der Austrittsöffnungen in der Seitenfläche der Schaufelplattform sicher, um einen hinsichtlich der Prallkühlung der Seitenfläche der bestimmungsgemäß benachbart angeordneten Turbinenschaufel effektiven Kühlbereich zu schaffen.

**[0020]** Bevorzugt sind die Austrittsöffnungen der Kühlfluidbohrungen einer Gruppe oder jeder Gruppe äquidistant angeordnet sind und/oder sind die Mittelpunkte der Austrittsöffnungen der Kühlfluidbohrungen einer Gruppe oder jeder Gruppe auf einer geraden Linie angeordnet. Durch eine äquidistante Anordnung wird eine gleichmäßige Prallkühlung erzielt. Linienförmig aneinander gereihte Austrittsöffnungen bewirken, dass sich in dem Zwischenraum zwischen benachbarten Schaufelplattformen eine Art Kühlfluidwand ausbildet, die ein Eindringen des heißen Arbeitsfluids in den Zwischenraum verringern oder verhindern kann.

**[0021]** Die Kühlfluidbohrungen einer Gruppe oder jeder Gruppe können sich vorteilhaft geradlinig und parallel zueinander in der Schaufelplattform erstrecken. Derartige Kühlfluidbohrungen sind besonders einfach herstellbar und stellen die kürzeste Verbindung zwischen dem wenigstens einen Kühlfluidkanal und der Austrittsöffnung dar, besitzen den geringstmöglichen Strömungswiderstand und ermöglichen somit eine effiziente Prallkühlung. Parallelität der Kühlfluidbohrungen ist vor allem hinsichtlich der konvektiven Kühlung von Vorteil, da sie einen gleichmäßigen Wärmeabtransport aus der Schaufelplattform sicherstellt.

**[0022]** Die erfindungsgemäße Turbinenschaufel kann dadurch weiterentwickelt werden, dass in einer oder jeder Seitenfläche eine Nut ausgebildet ist, in welche Kühlfluidbohrungen münden. In diesem Fall kann sich das aus den Austrittsöffnungen ausströmende Kühlfluid zunächst in der Nut sammeln, um in dem Zwischenraum eine flächige Kühlfluidwand zu bilden.

**[0023]** Vorteilhaft weist jede Kühlfluidbohrung (11) eine kreisförmige oder elliptische Querschnittskontur auf. Derartige Querschnittskonturen lassen sich mit gängigen Bohrverfahren wie beispielsweise Funkenerodieren

(EDM) besonders einfach ausbilden. Zudem besitzen runde Querschnittskonturen gegenüber eckigen den Vorteil, dass die Innenflächen der Kühlfluidbohrungen keine Bereiche stark erhöhter thermischer Materialspannung aufweisen, wie sie beispielsweise bei eckigen Kühlfluidbohrungen in deren Eckbereichen auftreten können.

**[0024]** In an sich bekannter Weise besitzt jede Kühlfluidbohrung einen Durchmesser von höchstens 2 mm und bevorzugt von 1 mm, wobei der Durchmesser als Durchmesser des kleinsten ihrer Querschnittskontur umschriebenen Kreises definiert ist und wobei insbesondere das Verhältnis ihres Durchmessers zu ihrer Länge im Bereich von 0,2 bis 0,7 liegt. Kühlfluidbohrungen mit solchen Durchmessern werden gewöhnlich auch im Schaufelblatt ausgebildet. Bei dem angegebenen Durchmesser-Längen-Verhältnis ist sichergestellt, dass in der Schaufelplattform eine ausreichend gleichmäßige konvektive Kühlwirkung erzielt wird.

**[0025]** Bevorzugt erstreckt sich jede Kühlfluidbohrung geradlinig durch die Schaufelplattform und/oder mündet jede Kühlfluidbohrung senkrecht in die Seitenfläche oder ist ihre Mündungsrichtung um höchstens 10° gegenüber der Senkrechten geneigt. Dies führt dazu, dass das aus den Austrittsöffnungen ausströmende Kühlfluid im Wesentlichen senkrecht auf die bestimmungsgemäß gegenüberliegend angeordnete Seitenfläche trifft, wodurch eine hohe Effizienz der Prallkühlung gewährleistet ist.

**[0026]** Ferner schafft die vorliegende Erfindung eine Strömungsmaschine mit erfindungsgemäßen Turbinenschaufeln, wobei insbesondere in einer Strömungsrichtung eines Arbeitsfluids vordere Turbinenstufen der Strömungsmaschine, insbesondere die erste und/oder die zweite Turbinenstufe erfindungsgemäße Turbinenschaufeln aufweisen. Erfindungsgemäße Turbinenschaufeln können die thermische Belastbarkeit von Schaufelkränzen insbesondere der vorderen Turbinenstufen erhöhen und dadurch größere Wartungsintervalle der Strömungsmaschine ermöglichen, wodurch deren Wirtschaftlichkeit erhöht wird.

**[0027]** Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung deutlich. Darin ist:

Figur 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbinenschaufel gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Figur 2 eine erste Seitenansicht der in Figur 1 dargestellten Turbinenschaufel;

Figur 3 eine zweite, zur Figur 2 entgegengesetzte Seitenansicht der in Figur 1 dargestellten Turbinenschaufel;

Figur 4 eine Querschnittsansicht der in Figur 1 dargestellten Turbinenschaufel entlang der Linie IV-IV; und

Figur 5 drei Querschnittsansichten entsprechend Figur 4 in einer bestimmungsgemäß benachbarten Anordnung.

**[0028]** Die Figuren 1 bis 4 zeigen eine Turbinenschaufel 1 für eine Strömungsmaschine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der es sich um eine Leitschaufel einer Gasturbine handelt. Die Turbinenschaufel 1 umfasst eine Schaufelplattform 2 und ein Schaufelblatt 3, das von einer Oberseite der Schaufelplattform 2 abragt. Ferner umfasst die Turbinenschaufel 1 einen Schaufelfuß 4, der von einer Unterseite der Schaufelplattform 2 entgegengesetzt abragt. In dem Schaufelblatt 3 und in dem Schaufelfuß 4 sind jeweils Hohlräume (nicht dargestellt) für ein Kühlfluid ausgebildet, die durch einen Kühlfluidkanal 5 miteinander verbunden sind, der sich ausgehend von dem Hohlraum in dem Schaufelfuß 4 durch die Schaufelplattform 2 zu dem Hohlraum in dem Schaufelblatt 3 erstreckt.

**[0029]** Die Schaufelplattform 2 besitzt eine Grundfläche in der Form eines länglichen Parallelogramms, das eine Längsrichtung L definiert. Die Schaufelplattform 2 weist ferner zwei einander gegenüberliegend angeordnete Seitenflächen 6, 7 auf, die sich jeweils von einer Anströmseite 8 der Turbinenschaufel 1 zu einer Abströmseite 9 der Turbinenschaufel 1 erstrecken. Bestimmungsgemäß sind mehrere Turbinenschaufeln 1 in Form eines Schaufelkranzes derart angeordnet, dass zwischen zueinander weisenden Seitenflächen 6, 7 benachbart angeordneter Schaufelplattformen 2 Zwischenräume 10 ausgebildet sind.

**[0030]** In der Schaufelplattform 2 sind mittels Funkenrodierens (EDM) zwei Gruppen von jeweils vier bzw. fünf Kühlfluidbohrungen 11 ausgebildet, die sich ausgehend von dem Kühlfluidkanal 5 zu den beiden Seitenflächen 6, 7 erstrecken und in diese unter Bildung von Austrittsöffnungen 12 münden. Die Austrittsöffnungen 12 der Gruppen von Kühlfluidbohrungen 11 definieren jeweils an der zugeordneten Seitenfläche 6, 7 einen Kühlbereich 13, 14. Wenn bei weiteren Ausführungsformen in dem Inneren der Schaufelplattform 2 eine Mehrzahl von Kühlfluidkanälen 5 definiert ist, können sich die Kühlfluidbohrungen 11 auch ausgehend von verschiedenen Kühlfluidkanälen 5 zu den Seitenflächen 6, 7 erstrecken.

**[0031]** Die Kühlfluidbohrungen 11 weisen eine kreisförmige Querschnittskontur auf und besitzen einen Durchmesser von 1 mm. Sie können alternativ auch eine elliptische Querschnittskontur aufweisen, wobei bei einer Turbinenschaufel 1 diese beiden Varianten kombiniert werden können. Bei nicht kreisförmigen Querschnittskonturen gilt der Durchmesser des kleinsten der Querschnittskontur umschriebenen Kreises als maßgeblicher Durchmesser. Dabei steht der Durchmesser einer Kühlfluidbohrung 11 zu ihrer Länge jeweils im Verhältnis von 0,2 bis 0,7. Die Kühlfluidbohrungen 11 beider Gruppen erstrecken sich geradlinig und parallel zueinander in der Schaufelplattform 2, wobei sie senkrecht in die Seitenflächen 6, 7 münden. Jedoch lässt sich auch bei Nei-

gungswinkeln bis zu 10° gegenüber der Senkrechten noch eine effektive Prallkühlung einer benachbarten Schaufelplattform 2 realisieren.

**[0032]** Die Kühlfluidbohrungen 11 eines Kühlbereichs 13, 14 sind äquidistant angeordnet, wobei der Abstand der Austrittsöffnungen 12 benachbarter Kühlfluidbohrungen 11 in den beiden Kühlbereichen 13, 14 unterschiedlich gewählt ist und 10 mm beziehungsweise 20 mm beträgt und sein Verhältnis zu den jeweiligen Durchmessern entsprechend im Bereich von 10 bis 20 liegt. Die Mittelpunkte der Austrittsöffnungen 12 der Kühlfluidbohrungen 11 der Kühlbereiche 13, 14 beider Gruppen sind jeweils auf einer geraden Linie angeordnet. Abweichend von der beschriebenen Ausführungsform können in den Seitenflächen 6, 7 zusätzlich Nuten ausgebildet sein, in welche die Kühlfluidbohrungen 11 münden.

**[0033]** Bezogen auf eine sich in der Längsrichtung L durch die Schaufelplattform 2 erstreckende Mittelachse sind die gegenüberliegenden Kühlbereiche 13, 14 auf gleicher Höhe angeordnet. Die beiden Gruppen von Kühlfluidbohrungen 11 sind in der Schaufelplattform 2 derart ausgebildet, dass die zueinander weisenden Kühlbereiche 13, 14 bestimmungsgemäß benachbart angeordneter baugleicher Schaufelplattformen 2 infolge der parallelogrammförmigen Grundflächen der Schaufelplattformen 2 in der Längsrichtung der Seitenflächen 6, 7 nebeneinander und unmittelbar benachbart zueinander angeordnet sind und miteinander einen zusammenhängenden Kühlbereich in dem Zwischenraum 10 bilden, ohne dass bezogen auf die Mittelachse eine Überlapung oder eine Lücke zwischen den beiden Kühlbereichen 13, 14 vorliegt. Zudem fluchten die Linien der beiden Kühlbereiche 13, 14 miteinander, gehen also ohne Versatz ineinander über. Diese relative Anordnung der beiden Kühlbereiche 13, 14 ist aus Figur 5 ersichtlich.

**[0034]** Die Kühlbereiche 13, 14 sind in den zugeordneten Seitenflächen 6, 7 in mittleren Längsabschnitten der Seitenflächen 6, 7 angeordnet, die sich gemessen von der Anströmseite 8 ausgehend von 40% der Länge der jeweiligen Seitenfläche 6, 7 bis 80% der Länge der jeweiligen Seitenfläche 6, 7 erstrecken, um einem hohen dynamischen Druck des Heißgases in diesem Längsabschnitt entgegenzuwirken und ein Eindringen des Heißgases in den Zwischenraum 10 zu verringern oder zu verhindern. Bei weiteren Ausführungsformen können die Kühlbereiche alternativ oder zusätzlich in vorderen Längsabschnitten der Seitenflächen 6, 7 angeordnet sein, die sich gemessen von der Anströmseite 8 ausgehend von der Anströmseite 8 bis 40% der Länge der Seitenfläche 6, 7) erstrecken. Dadurch wird derjenige Abschnitt der Schaufelplattform 2 gekühlt, in dem die Temperatur des Heißgases und damit die thermische Belastung der Schaufelplattform am höchsten ist.

**[0035]** Eine Gasturbine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst Turbinenschaufeln 1. Dabei weist wenigstens eine der beiden in einer Strömungsrichtung des Heißgases vorderen Turbinenstufen Turbinenschaufeln 1 auf. Grundsätzlich können Turbi-

nenschaukeln 1 in solchen Turbinenstufen vorgesehen sein, in welchen eine besonders hohe thermische Belastung der Turbinenschaufeln 1 auftritt und/oder ein besonders hoher dynamischer Druck des Heißgases auf die Schaufelplattformen 2 bzw. die Zwischenräume 10 zwischen benachbarten Schaufelplattformen 2 wirkt.

**[0036]** Während des Betriebs der Gasturbine wird die Turbinenschaufel 1 von einem Kühlfluid durchströmt. Das Kühlfluid wird in den Hohlraum des Schaufelfußes 4 eingeleitet, von wo es durch den Kühlfluidkanal 5 in den Hohlraum des Schaufelblattes 3 strömt. Ferner strömt das Kühlfluid aus dem Kühlfluidkanal 5 durch die Kühlfluidbohrungen 11 aus den Austrittsöffnungen 12 zur Außenseite der Schaufelplattform 2. Dabei wird die Schaufelplattform 2 von dem die Kühlfluidbohrungen 11 durchströmenden Kühlfluid konvektiv gekühlt. Ferner prallt das aus den Austrittsöffnungen 12 ausströmende Kühlfluid auf die Seitenflächen 6, 7 benachbart angeordneter Turbinenschaufeln 1, wodurch die Seitenflächen 6, 7 von deren Schaufelplattformen 2 mittels Prallkühlung gekühlt werden. Infolge der linienförmig angeordneten Austrittsöffnungen 12 bildet das aus den Austrittsöffnungen 12 zueinander weisender Seitenflächen 6, 7 ausströmende Kühlfluid in dem Zwischenraum 10 eine zusammenhängende Kühlfluidwand, die das Heißgas daran hindert, in den Zwischenraum 10 einzudringen und dort die Seitenflächen 6, 7 der Schaufelplattformen 2 zu korrodieren.

**[0037]** Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Turbinenschaufel 1 liegt darin, dass eine Korrosion der Schaufelplattformen 2 infolge der zusätzlichen konvektiven Kühlung und der Prallkühlung verringert wird. Zudem entfaltet das aus den Austrittsöffnungen ausströmende Kühlfluid eine Sperrwirkung, die ein Eindringen von Heißgas in den Zwischenraum 10 verringert oder verhindert. Dies führt zu einer verlängerten Lebensdauer der Turbinenschaufeln 1, längere Wartungsintervalle ermöglicht und Erhaltungsaufwände verringert werden, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit mit erfindungsgemäßen Turbinenschaufeln 1 ausgestatteter Strömungsmaschinen verbessert. Weiterhin ist die vorgeschlagene Lösung dahingehend von Vorteil, dass bestehende Turbinenschaufeln 1 auch nachträglich im Rahmen eines Refurbishments mit entsprechenden Kühlfluidbohrungen 11 versehen werden können.

**[0038]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

## Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (1) für eine Strömungsmaschine, insbesondere Laufschaufel für eine Gasturbine, mit einer Schaufelplattform (2), einem Schaufelblatt (3),

das von einer Oberseite der Schaufelplattform (2) abragt, und einem Schaufelfuß (4), der von einer Unterseite der Schaufelplattform (2) abragt, wobei die Schaufelplattform (2) zwei einander gegenüberliegend angeordnete Seitenflächen (6, 7) aufweist, die sich jeweils von einer Anströmseite (8) der Turbinenschaufel (1) zu einer Abströmseite (9) der Turbinenschaufel (1) erstrecken, und in dem Inneren der Schaufelplattform (2) wenigstens ein Kühlfluidkanal (5) ausgebildet ist, der sich ausgehend von einem Hohlraum in dem Schaufelfuß (4) zu einem Hohlraum in dem Schaufelblatt (3) erstreckt, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Schaufelplattform (2) wenigstens eine Kühlfluidbohrung (11) ausgebildet ist, die sich ausgehend von dem wenigstens einen Kühlfluidkanal (5) zu einer der beiden Seitenflächen (6, 7) erstreckt und in diese unter Bildung einer Austrittsöffnung (12) mündet.

2. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** einer der beiden Seitenflächen (6, 7) eine Gruppe von mehreren, insbesondere von wenigstens drei und höchstens acht in der Schaufelplattform (2) ausgebildeten Kühlfluidbohrungen (11) zugeordnet ist, die sich ausgehend von dem wenigstens einen Kühlfluidkanal (5) zu der zugeordneten Seitenfläche (6, 7) erstrecken, wobei die Austrittsöffnungen (12) der Kühlfluidbohrungen (11) einen Kühlbereich (13, 14) an der Seitenfläche (6, 7) definieren.
3. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder der beiden Seitenflächen (6, 7) jeweils eine Gruppe von mehreren, insbesondere von jeweils wenigstens drei und höchstens acht in der Schaufelplattform (2) ausgebildeten Kühlfluidbohrungen (11) zugeordnet ist, die sich ausgehend von dem wenigstens einen Kühlfluidkanal (5) zu der zugeordneten Seitenfläche (6, 7) erstrecken, wobei die Austrittsöffnungen (12) der Gruppen von Kühlfluidbohrungen (13, 14) jeweils an der zugeordneten Seitenfläche (6, 7) einen Kühlbereich (13, 14) definieren.
4. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Kühlbereiche (13, 14) bezogen auf eine sich von der Anströmseite (8) zu der Abströmseite (9) durch die Schaufelplattform (2) erstreckende Mittelachse auf gleicher Höhe angeordnet sind.
5. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Gruppen von Kühlfluidbohrungen (13, 14) derart ausgebildet sind, dass die zueinander weisenden Kühlbereiche (13, 14) zweier bestimmungsgemäß benachbart angeordneter baugleicher Schaufelplattformen (2) in der Längsrichtung der Seiten-

- flächen (13, 14) nebeneinander angeordnet sind und insbesondere miteinander einen zusammenhängenden Kühlbereich bilden.
6. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
jeder Kühlbereich (13, 14) in einem mittleren Längsabschnitt der Seitenfläche (6, 7) angeordnet ist, der sich gemessen von der Anströmseite (8) ausgehend von 40% der Länge der Seitenfläche (6, 7) bis 80% der Länge der Seitenfläche (6, 7) erstreckt, und/oder in einem vorderen Längsabschnitt der Seitenfläche (6, 7) angeordnet ist, der sich gemessen von der Anströmseite (8) ausgehend von der Anströmseite (8) bis 40% der Länge der Seitenfläche (6, 7) erstreckt.
7. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
  
in dem Inneren der Schaufelplattform (2) eine Mehrzahl von Kühlfluidkanälen (5) definiert ist und sich Kühlfluidbohrungen (11) ausgehend von verschiedenen Kühlfluidkanälen (5) zu den jeweils zugeordneten Seitenflächen (6, 7) erstrecken.
8. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Verhältnis des Abstandes der Austrittsöffnungen (12) benachbarter Kühlfluidbohrungen (11) einer Gruppe oder jeder Gruppe zu ihren jeweiligen Durchmessern im Bereich von 10 bis 20 liegt, wobei ein Durchmesser einer Kühlfluidbohrung (11) als Durchmesser des kleinsten ihrer Querschnittskontur umschriebenen Kreises definiert ist.
9. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Austrittsöffnungen (12) der Kühlfluidbohrungen (11) einer Gruppe oder jeder Gruppe äquidistant angeordnet sind und/oder dass die Mittelpunkte der Austrittsöffnungen (12) der Kühlfluidbohrungen (11) einer Gruppe oder jeder Gruppe auf einer geraden Linie angeordnet sind.
10. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
sich die Kühlfluidbohrungen (11) einer Gruppe oder jeder Gruppe geradlinig und parallel zueinander in der Schaufelplattform (2) erstrecken.
11. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
  
in einer oder jeder Seitenfläche (6, 7) eine Nut ausgebildet ist, in welche Kühlfluidbohrungen (11) münden.
12. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
jede Kühlfluidbohrung (11) eine kreisförmige oder elliptische Querschnittskontur aufweist.
13. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
jede Kühlfluidbohrung (11) einen Durchmesser von höchstens 2 mm und bevorzugt von 1 mm besitzt, wobei der Durchmesser als Durchmesser des kleinsten ihrer Querschnittskontur umschriebenen Kreises definiert ist und wobei insbesondere das Verhältnis ihres Durchmessers zu ihrer Länge im Bereich von 0,2 bis 0,7 liegt.
14. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
sich jede Kühlfluidbohrung (11) geradlinig durch die Schaufelplattform (2) erstreckt und/oder dass jede Kühlfluidbohrung (11) senkrecht in die Seitenfläche (6, 7) mündet oder ihre Mündungsrichtung um höchstens 10° gegenüber der Senkrechten geneigt ist.
15. Strömungsmaschine mit Turbinenschaufeln (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei insbesondere in einer Strömungsrichtung eines Arbeitsfluids vordere Turbinenstufen der Strömungsmaschine, insbesondere die erste und/oder die zweite Turbinenstufe Turbinenschaufeln (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweisen.

FIG 1

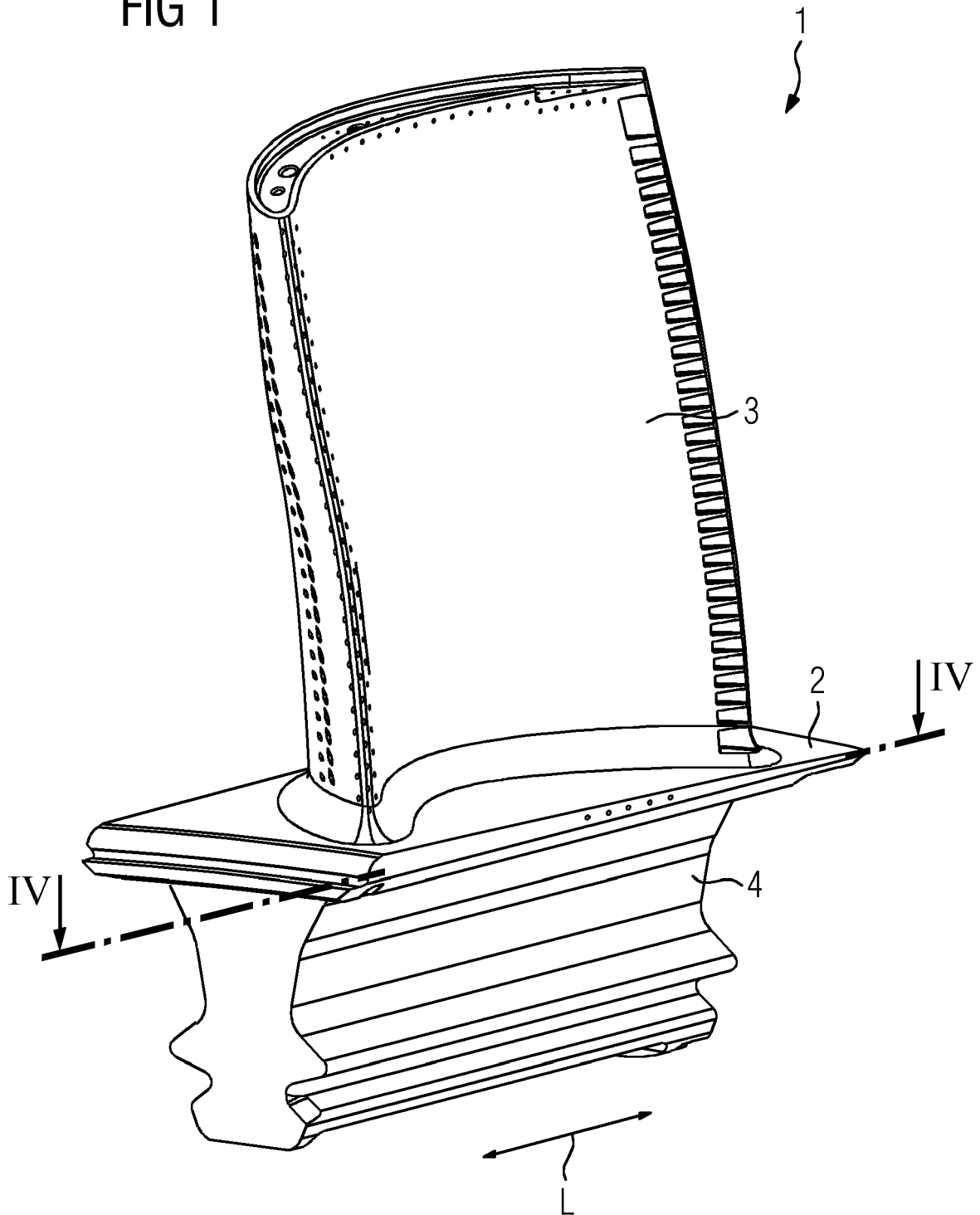


FIG 2

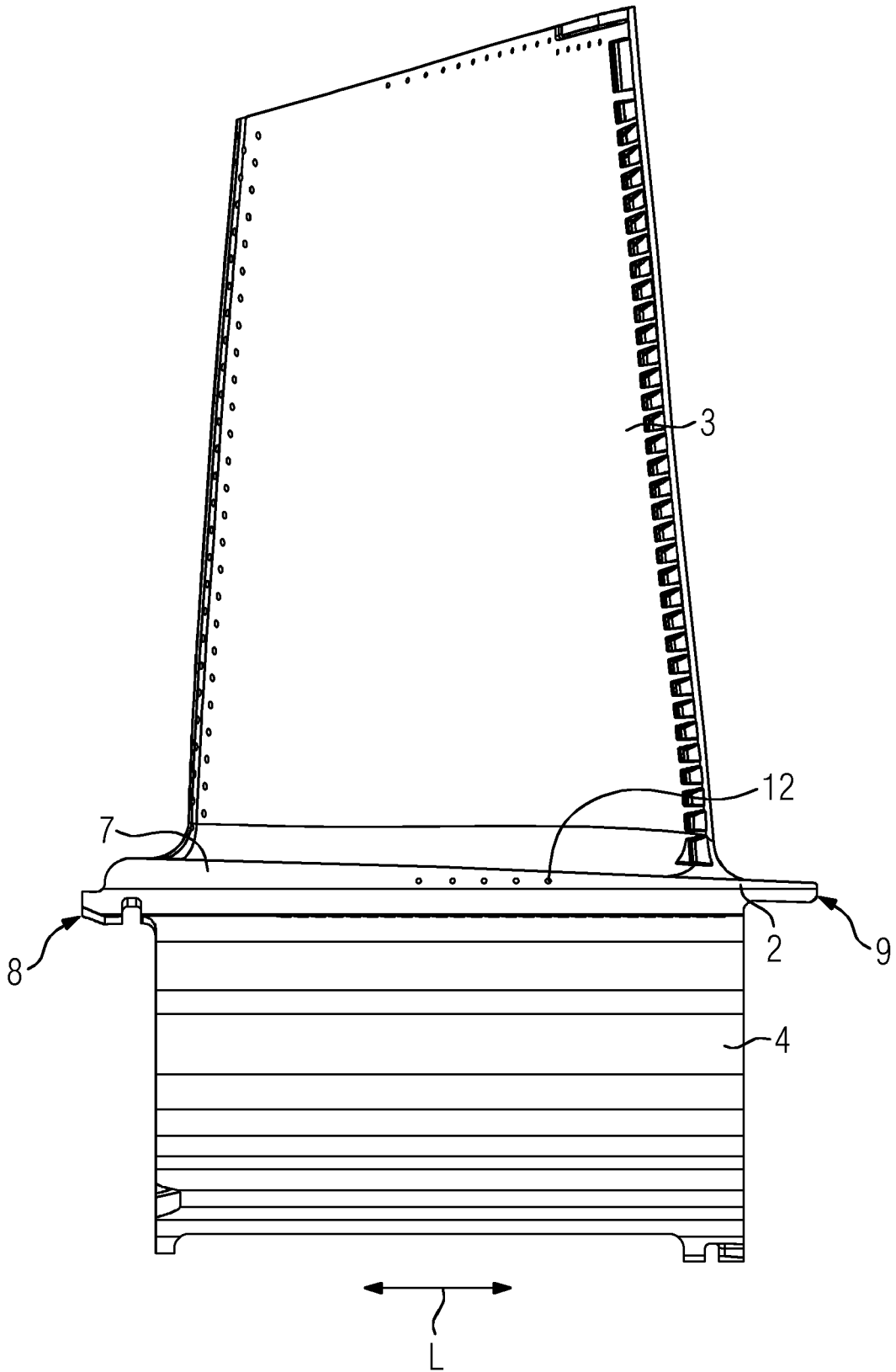


FIG 3

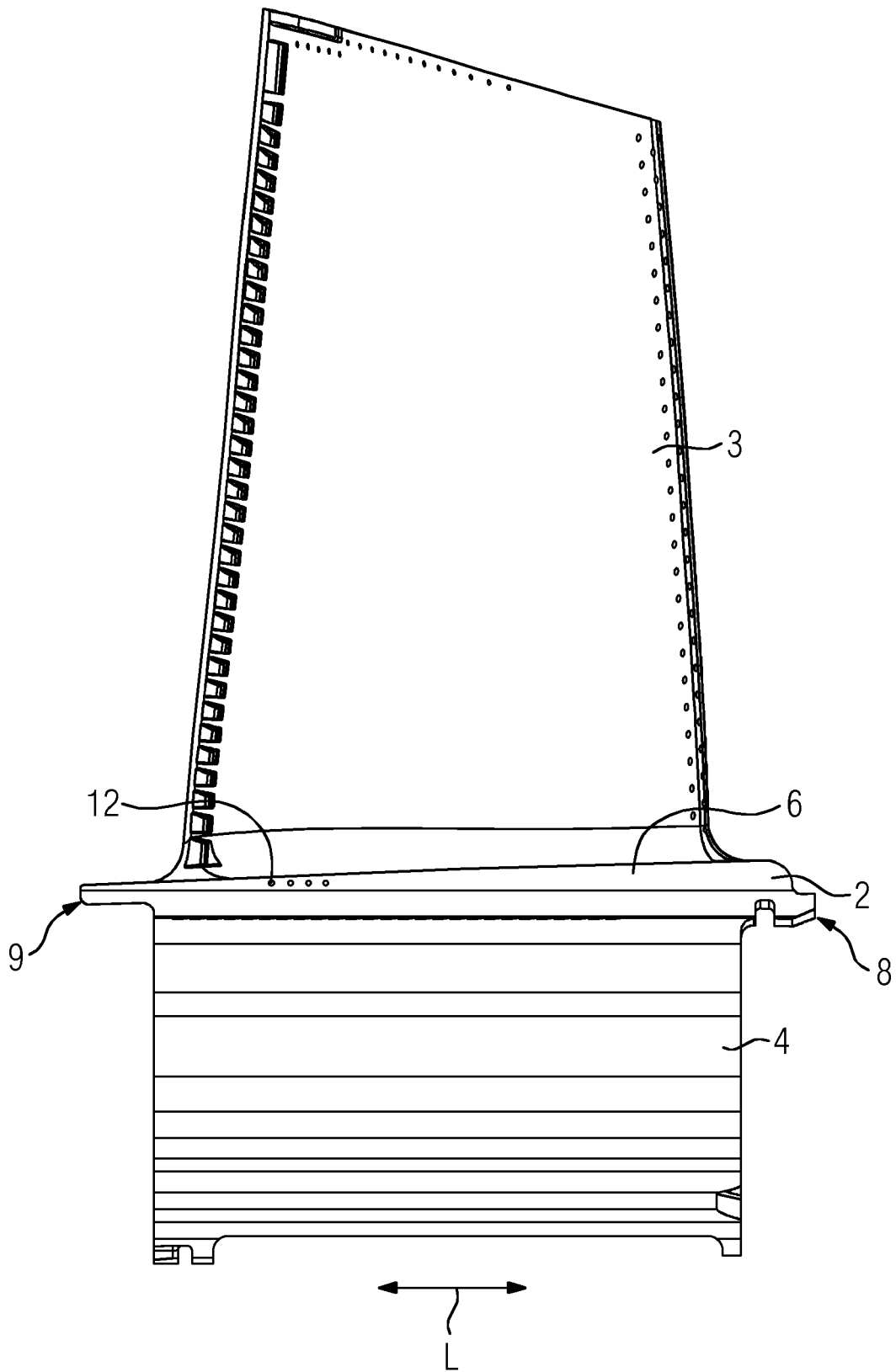


FIG 4

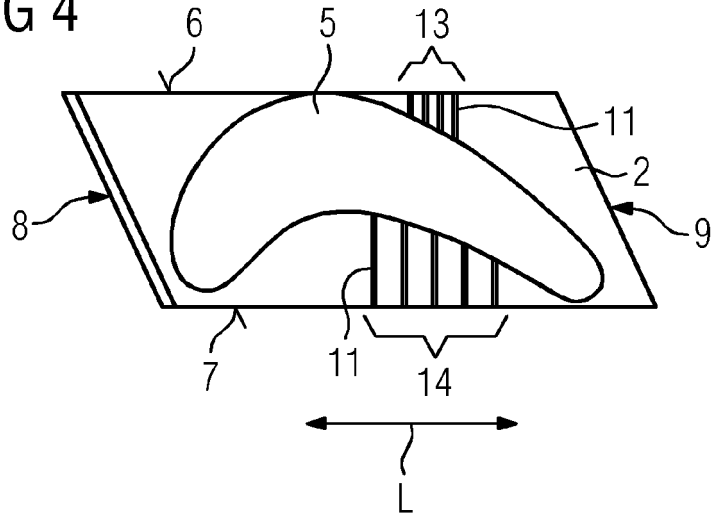
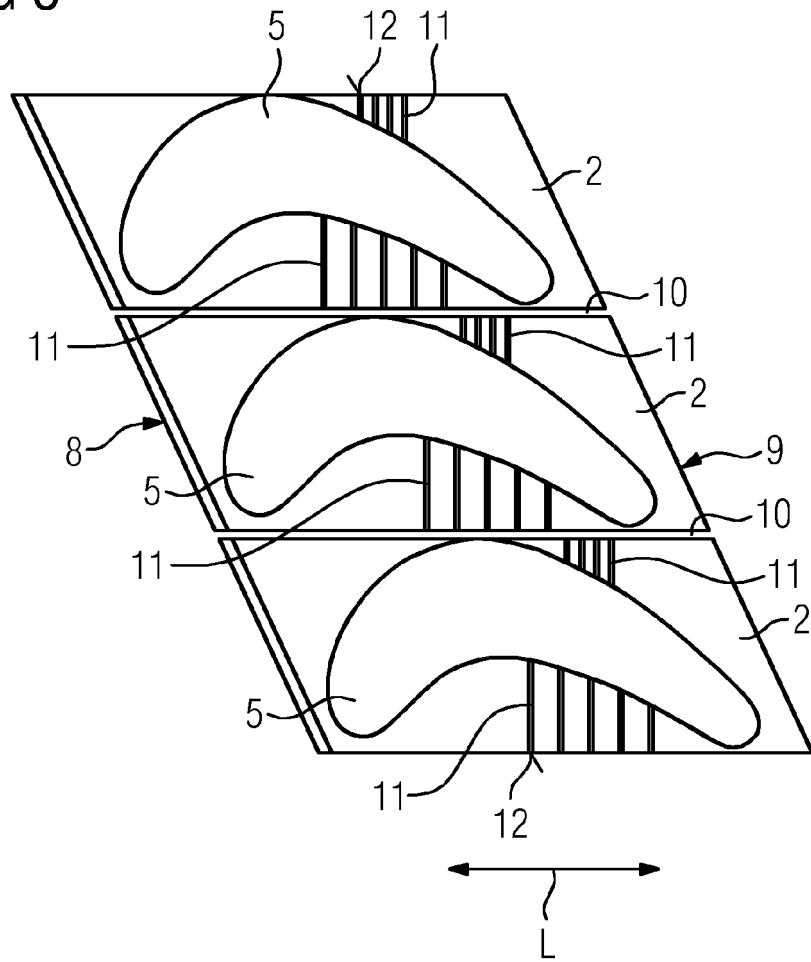


FIG 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 16 17 5024

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 6 190 130 B1 (FUKUE ICHIRO [JP] ET AL) 20. Februar 2001 (2001-02-20)  * Spalte 6, Zeile 23 - Zeile 49; Abbildungen 2a, 2b *	1-4, 7-10, 12-14	INV. F01D5/18
X	US 2016/017718 A1 (ZHANG XIUZHANG JAMES [US] ET AL) 21. Januar 2016 (2016-01-21) * Abbildungen 3-6 * * Seite 2, Absatz [0024] - Seite 3, Absatz [0037] *	1-8, 12-14	
X	WO 2014/028294 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 20. Februar 2014 (2014-02-20) * Abbildungen 1-6 * * Seite 7, Absatz [0042] - Seite 9, Absatz [0052] *	1-4,8-14	
X	US 2015/252673 A1 (VANTASSEL BRAD WILSON [US] ET AL) 10. September 2015 (2015-09-10) * Abbildungen 1-8 * * Seite 2, Absatz [0027] - Seite 3, Absatz [0032] *	1,2,6, 8-10,13, 14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D
X	WO 2013/180953 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 5. Dezember 2013 (2013-12-05) * Abbildungen 1-5 * * Seite 4, Zeile 3 - Seite 7, Zeile 34 *	1,2,7,8, 12-15	
X	WO 2015/057310 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 23. April 2015 (2015-04-23) * Abbildungen 1-3 * * Seite 7, Absatz [0042] - Seite 9, Absatz [0053] *	1,2,6,8, 9,12,13	
	----- -/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>25. November 2016</b>	Prüfer <b>Lutoschkin, Eugen</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/02 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 16 17 5024

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2014/064984 A1 (ZHANG XIUZHANG JAMES [US] ET AL) 6. März 2014 (2014-03-06) * Abbildungen 6-12 * * Seite 3, Absatz [0032] - Seite 4, Absatz [0035] *  -----	1,2,7-9, 12,13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>25. November 2016</b>	Prüfer <b>Lutoschkin, Eugen</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 16 17 5024

5 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.

25-11-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6190130 B1	20-02-2001	CA 2263012 A1	03-09-1999
		DE 69913221 D1	15-01-2004
		DE 69913221 T2	09-09-2004
		EP 0940561 A1	08-09-1999
		US 6190130 B1	20-02-2001
-----			
US 2016017718 A1	21-01-2016	CH 709943 A2	29-01-2016
		CN 105275504 A	27-01-2016
		DE 102015110698 A1	21-01-2016
		JP 2016023643 A	08-02-2016
		US 2016017718 A1	21-01-2016
-----			
WO 2014028294 A1	20-02-2014	EP 2885520 A1	24-06-2015
		US 2014047844 A1	20-02-2014
		WO 2014028294 A1	20-02-2014
-----			
US 2015252673 A1	10-09-2015	CN 104895619 A	09-09-2015
		EP 2915954 A1	09-09-2015
		JP 2015169209 A	28-09-2015
		US 2015252673 A1	10-09-2015
-----			
WO 2013180953 A1	05-12-2013	US 2014321961 A1	30-10-2014
		WO 2013180953 A1	05-12-2013
-----			
WO 2015057310 A2	23-04-2015	EP 3047105 A2	27-07-2016
		WO 2015057310 A2	23-04-2015
-----			
US 2014064984 A1	06-03-2014	CH 706964 A2	14-03-2014
		DE 102013109146 A1	06-03-2014
		JP 2014047786 A	17-03-2014
		US 2014064984 A1	06-03-2014
-----			

EPO FORM P0461

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