



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.01.2010 Patentblatt 2010/02

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

(21) Anmeldenummer: **08012518.0**

(22) Anmeldetag: **10.07.2008**

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

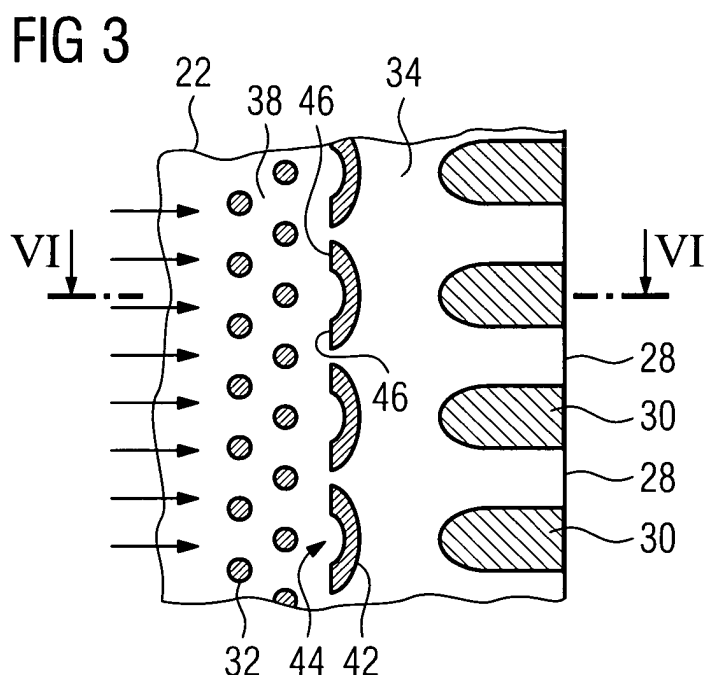
(72) Erfinder:
• **Ahmad, Fathi**
41564 Kaarst (DE)
• **Bolms, Hans-Thomas, Dr.**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **Lerner, Christian**
45701 Herten (DE)

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

(54) **Turbinenschaufel und entsprechender Gusskern**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel mit einer neuen inneren Struktur. Es werden neuartige Turbulenzelemente (42) unmittelbar stromauf der an der Hinterkante (20) des Schaufelblattes (16) der Turbinenschaufel angeordneten Öffnungen (28) vorgeschlagen. Diese sind in einer Reihe angeordnet und weisen jeweils eine von einem Kühlmittel (40) anströmbare Anströmseite (44) auf, welche erfindungsgemäß zumindest teilweise konkav gekrümmt ist. Vorzugsweise sind die Turbulenzelemente (42) sichelförmig ausgebildet. Diese aerodynamisch besonders ungünstige Form der Turbulenzelemente (42) ruft einen erhöhten Druckverlust hervor, was

die Durchströmung mit Kühlmittel erschwert. Dies ermöglicht, die Öffnungen (28) zu vergrößern, ohne dass sich dadurch ein erhöhter Verbrauch an Kühlmittel einstellt. Auch wird mit der Erfindung ein wesentlich stabilerer Gusskern (110) bereitgestellt, da die im Gusskern (110) benötigten Öffnungen (130) zum Herstellen der Stege (30) einer Turbinenschaufel nun weiter beabstandet sein können als bisher. Dies führt zu einer größeren Stabilität des Gusskerns (110) im Bereich der Gusskernhinterkante (120), wodurch dieser an dieser Stelle weniger zu brechen neigt und daher robuster gehandhabt werden kann.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel für eine Gasturbine mit einem hohlen, von einem Heißgas umströmbaren Schaufelblatt, an dessen Hinterkante verteilt mehrere Öffnungen zum Ausblasen eines die Turbinenschaufel kühlenden Kühlmittels durch dazwischen angeordnete Stege voneinander getrennt sind, wobei im Inneren des Schaufelblatts zumindest ein mit mehreren der Öffnungen strömungstechnisch verbundener Hohlraum vorgesehen ist, in dem stromauf der Stege mehrere Turbulenzelemente vorgesehen sind, die jeweils eine der dort ankommenden Kühlmittelströmung zugewandten Anströmseite aufweisen. Ferner betrifft die Erfindung einen Gusskern zur Verwendung in einer Gießvorrichtung zum Herstellen einer gegossenen Turbinenschaufel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, um nach der Entfernung des Gusskerns aus der gegossenen Turbinenschaufel einen von einem Kühlmittel durchströmbaren Hohlraum in der Turbinenschaufel zu hinterlassen.

[0002] Eine eingangs genannte Turbinenschaufel und ein Gusskern zum Herstellen einer solchen Turbinenschaufel ist beispielsweise aus der WO 2003/042503 A1 bekannt. Die bekannte Turbinenschaufel weist eine gekühlte Hinterkante auf, an der mehrere Öffnungen zum Ausblasen der Kühlluft durch dazwischen angeordnete Stege - welche im Englischen auch als "tear drops" bekannt sind - voneinander getrennt sind. Den an der Hinterkante angeordneten Öffnungen ist ein gemeinschaftlicher Hohlraum vorgeschaltet, in dem drei Reihen von säulenartigen Sockeln - im Englischen auch bekannt unter dem Namen "Pin-Fins" - angeordnet sind, welche zur Erhöhung des Wärmeübergangs der an ihnen vorbeistreichenden Kühlluft und zur Erhöhung des Druckverlusts dort vorgesehen sind.

[0003] Der zur Herstellung einer solchen Turbinenschaufel benötigte Gusskern ist dabei in Fig. 7 der WO 2003/042503 A1 perspektivisch dargestellt. Der vom Gusskern eingenommene Platz verbleibt nach Herstellung der gegossenen Turbinenschaufel als Hohlraum in der Turbinenschaufel, wobei im Gusskern angeordnete Öffnungen mit Gussmaterial aufgefüllt ist. Insofern stellt der Gusskern das negative Abbild des Inneren der Turbinenschaufel dar.

[0004] Die aus der WO 2003/042503 A1 bekannten Pin-Fins haben eine zylindrische Form und verbinden die einander gegenüberliegenden Innenflächen der Saugseitenwand und Druckseitenwand des Schaufelblatts der Turbinenschaufel.

[0005] Es ist dabei bekannt, die an der Hinterkante der Turbinenschaufel austretende Kühlluftmenge durch eine geeignete Wahl des maximalen Druckverlustes und/oder die kleinste, von der Kühlluft zu durchströmenden Querschnittsfläche nahe der Hinterkante einzustellen. Diese Vorgehensweise kann jedoch zu Gusskernen führen, bei denen die an der Gusskernhinterkante vorgesehenen Öffnungen derartig groß werden, dass zwischen ihnen nur noch vergleichsweise dünne Trennstege verbleiben.

Während der Handhabung des Gusskerns kann jedoch genau an dieser Stelle der Gusskern brechen, so dass dieser anschließend unbrauchbar ist.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung einer eingangs genannten Turbinenschaufel für eine Gasturbine, die mit einer möglichst geringen Menge an Kühlmittel effizient und ausreichend kühlbar ist, und/oder bei der zur Herstellung ein Gusskern in einer Gießvorrichtung verwendet werden kann, welcher besonders robust handhabbar ist.

[0007] Die auf die Turbinenschaufel gerichtete Aufgabe wird mit einer Turbinenschaufel gemäß den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Die auf dem Gusskern gerichtete Aufgabe wird mit einem Gusskern gemäß den Merkmalen von Anspruch 12 gelöst.

[0008] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ein stabilerer Gusskern erreicht werden kann, wenn die in der Gusskernhinterkante angeordneten ersten Öffnungen im Längsschnitt weiter verkleinert werden, so dass die im Gusskern dazwischen angeordneten Trennstege sich verbreitern. Diese Verbreiterung der im Gusskern angeordneten Trennstege führt jedoch in einer mit einem solchen Gusskern hergestellten Turbinenschaufel zu einer Vergrößerung der an der Hinterkante angeordneten Öffnungen, durch welche das Kühlmittel aus der Turbinenschaufel entweicht. Da bisher diese Öffnungen auch zur Einstellung des Kühlmittelverbrauchs dienten, führen vergrößerte Öffnungen somit zu einem erhöhten Verbrauch an Kühlmittel. Diese Erhöhung ist prinzipiell nicht erstrebenswert und vermindert den Wirkungsgrad der Gasturbine. Um diesem Effekt nun entgegenzuwirken, schlägt die Erfindung vor, in dem Bereich stromauf der Hinterkantenöffnungen der Turbinenschaufel, genauer: in einem den Öffnungen strömungstechnisch vorgeschalteten Hohlraum, den Druckverlust zu erhöhen und somit dort einen erhöhten Strömungswiderstand vorzusehen, um den vorgenannten Effekt eines vergrößerten Durchflusses an Kühlmittel zu kompensieren, wenn nicht sogar zu überkompensieren. Um einen weiter erhöhten Druckverlust - verglichen mit dem aus dem Stand der Technik bekannten zylindrischen Pin-Fins - in der Kühlmittelströmung stromauf der Öffnungen an der Hinterkante der Turbinenschaufel zu erreichen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass stromauf der Stege mehrere Turbulenzelemente vorgesehen sind, die jeweils eine der dort ankommenden Kühlmittelströmung zugewandte Anströmseite aufweisen, zumindest teilweise konkav gewölbt ist. Durch diese Maßnahme kann eine Vergrößerung der Öffnungen in Kauf genommen werden, ohne dass dadurch sich ein erhöhter Verbrauch an Kühlmittel einstellt.

[0009] Ein weiterer Vorteil der konkav gewölbten Anströmseite der Turbulenzelemente ist eine weitere Erhöhung des Wärmeübergangs zwischen den Innenflächen der Schaufelblatt-Seitenwände und der daran entlang strömenden Kühlmittelströmung durch eine weiter gesteigerte Turbulenz im Kühlmittel.

[0010] Die geometrische Dimensionierung der erfin-

dungsgemäßen Turbulenzelemente wie Krümmung der Anströmseite, Größe der Längserstreckung und/oder Abstand zwischen den in einer Reihe angeordneten Turbulenzelemente wird dabei in geeigneter Weise gewählt, um den erforderlichen internen Druckverlust und/oder den gewünschten Wärmeübergang einzustellen.

[0011] Dabei können Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen geometrischen Dimensionen bezüglich der zu der dadurch strömenden Menge von Kühlluft und der Druckunterschiede abgeleitet werden.

[0012] Druckverlust und Wärmeübergang können auch durch die geeignete Wahl der Anzahl der erfindungsgemäßen Turbulenzelemente innerhalb einer Reihe quer zur Kühlmittel-Hauptströmungsrichtung eingestellt werden.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0014] Gemäß einer ersten vorteilhaften Weiterbildung können die Turbulenzelemente unmittelbar stromauf der Stege in zumindest einer Reihe quer zur Kühlmittel-Hauptströmrichtung angeordnet sein. Vorzugsweise weist dabei jedes der Turbulenzelemente der Reihe eine zumindest teilweise konkav gewölbte Anströmseite auf. Hierdurch ist es möglich, über die gesamte Längserstreckung der Turbinenschaufel - mit anderen Worten: über die gesamte Höhe des Schaufelblatts - einen einheitlichen Druckverlust für das Kühlmittel und einen einheitlichen Wärmeübergang einzustellen. Es ist aber auch denkbar, in einer Reihe unterschiedliche Geometrien von erfindungsgemäßen Turbulenzelementen oder auch unterschiedliche Abstände vorzusehen, um lokalen Anforderungen an die Kühlung gerecht zu werden.

[0015] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Turbulenzelemente in Längsschritt betrachtet C-förmig ausgebildet. Deren Bogenform kann folglich kreissegmentförmig oder auch ellipsensegmentförmig, also sichelartig sein. Eine solche Form bewirkt, sofern die Enden angeströmt werden, einen vergleichsweise großen Druckverlust.

[0016] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass die Bogen-Enden der Turbulenzelemente derart orientiert sind, dass diese zumindest geringfügig der dort im Betrieb ankommenden Kühlmittelströmung zugewandt sind. Somit kann das auf der konkav gewölbten Anströmseite auftreffende Kühlmittel von den beiden Bogen-Enden zur dazwischen liegenden Mitte geleitet werden, wodurch sich stromauf davon ein besonders großer Staudruck in der Kühlmittelströmung einstellt, was zu einem besonders großen Druckverlust führen kann.

[0017] Zweckmäßigerweise kann bei einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel - in Längsrichtung des Schaufelblatts betrachtet - der Abstand zwischen zwei benachbarten Turbulenzelementen um den Faktor 2 kleiner sein, als deren jeweilige Erstreckung in Längsrichtung.

[0018] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann das Schaufelblatt eine Saugseitenwand und

eine Druckseitenwand umfassen, deren jeweiligen Innenflächen den Hohlraum und die sich vom Hohlraum zu den Öffnungen hin erstreckenden Kanäle zwischen den Stegen seitlich begrenzen. Die Turbulenzelemente erstrecken sich dabei jeweils von einer der beiden Innenflächen bis zur anderen Innenfläche und verbinden diese. Somit wird Kühlmittelströmung zwischen der Innenfläche der Druckseitenwand und der Innenfläche der Saugseitenwand teilweise blockiert. Unabhängig von der Erstreckung der Turbulenzelemente von einer Innenfläche bis zur anderen Innenfläche können die beiden Innenflächen der Seitewände auch derart zueinander geneigt sein, dass sie - im Querschnitt des Schaufelblatts betrachtet - zur Hinterkante der Turbinenschaufel konvergieren. Insbesondere hierdurch ist es möglich, den minimalen durchströmbaren Querschnitt der Turbinenschaufel in einen Bereich vorzulegen, in dem die Turbulenzelemente angeordnet sind. Dies ist ein weiterer Unterschied zu einer aus dem Stand der Technik bekannten Turbinenschaufel, bei der in der Regel der geringste, von dem Kühlmittel durchströmbare Querschnitt zwischen den Stegen vorhanden ist, welcher die in der Hinterkante der Turbinenschaufel angeordneten Öffnungen bzw. Kanäle voneinander trennt.

[0019] Dies kann zu einer geringfügigen, aber wesentlichen Vorverlagerung der Drosselstelle in den Bereich der Turbulenzelemente führen, also aus dem Bereich der Stege hinaus.

[0020] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann stromauf und/oder stromab der Turbulenzelemente ein weiteres Mittel zur Anfachung der Turbulenz des durch den Hohlraum zu den Öffnungen strömenden Kühlmittels vorgesehen sein. Das weitere Mittel kann dabei eine Vielzahl von in einem Raster angeordneten Säulen oder Sockeln umfassen, also den aus dem Stand der Technik bekannten zylindrischen Pin-Fins. Alternativ oder ergänzend dazu ist es auch denkbar, dass das die weiteren Mittel aus mindestens einer weiteren Reihe von erfindungsgemäßen Turbulenzelementen gebildet wird. Folglich kann nicht nur eine einzige Reihe von erfindungsgemäßen Turbulenzelementen vorhanden sein, sondern auch mehrere Reihen von erfindungsgemäßen Turbulenzelementen, welche jeweils vorzugsweise senkrecht zur Kühlmittelströmung ausgerichtet sind. Dies erhöht weiter den Druckverlust.

[0021] Die in einer gegossenen Turbinenschaufel vorhandenen Hohlräume und Austrittsöffnungen sind durch einen in einer Gießvorrichtung verwendeten Gusskern herstellbar, welcher nach dem Guss der Turbinenschaufel aus dieser in bekannter Art und Weise entfernt wird. Zum Herstellen einer gegossenen Turbinenschaufel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 wird ein Gusskern zur Verwendung in einer Gießvorrichtung vorgeschlagen, der eine Gusskernhinterkante umfasst, an der mehrere erste Öffnungen zur Bildung der Stege in der Hinterkante der Turbinenschaufel angeordnet sind. Zudem sind im Gusskern mehrere zweite Öffnungen vorgesehen, welche in einem zweiten Bereich angeordnet sind,

der zu einem ersten Bereich benachbart ist, in welchem die ersten Öffnungen angeordnet sind. Die zweiten Öffnungen des Gusskerns dienen zur Herstellung der erfindungsgemäßen Turbulenzelemente.

[0022] Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, dass zumindest eine der zweiten Öffnungen zumindest teilweise konkav geformt ist. Zur Bildung von korrespondierend geformten Turbulenzelementen in der Turbinenschaufel ist der konkave Teil der zweiten Öffnungen der Gusskernhinterkante abgewandt. Mit einem solchen Gusskern lassen sich erfindungsgemäße Turbinenschaufeln herstellen, die stromauf der Stege, also im Inneren der Turbinenschaufel einen vergleichsweise hohen Druckverlust für das Kühlmittel erzeugen, wodurch die zwischen den in der Turbinenschaufelhinterkante vorgesehenen Öffnungen vorhandenen Stege schmaler ausgeführt werden können. Die schmalen Stege werden dabei durch einen Gusskern erreicht, dessen erste Öffnungen an der Gusskernhinterkante ebenfalls schmaler sind. Zwischen den ersten Öffnungen vorhandene Trennstege im Gusskern - welche in der gegossenen Turbinenschaufel die Öffnungen der Hinterkante definieren - sind - in Bezug auf den konventionellen Gusskern - vergleichsweise breit ausgebildet sind, was die Stabilität des Gusskerns insgesamt erhöht. Ein erfindungsgemäß ausgestalteter Gusskern neigt somit nahe der Gusskernhinterkante weniger zum Bruch als ein konventioneller Gusskern und ist demgemäß einfacher, robuster handhabbar.

[0023] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Figurenbeschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Komponenten beziehen. Es zeigen jeweils schematisch,

- FIG 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Turbinenlaufschaufel in einer perspektivischen Darstellung,
- FIG 2 einen Längsschnitt durch den Bereich der Hinterkante der aus dem Stand der Technik bekannten Turbinenlaufschaufel,
- FIG 3 einen Ausschnitt analog FIG 2 durch eine erfindungsgemäße Turbinenschaufel mit konkav gewölbten Anströmseiten gemäß einer ersten Ausgestaltung,
- FIG 4 eine alternative Ausgestaltung der in Reihen angeordneten Turbulenzelementen einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel,
- FIG 5 einen erfindungsgemäßen Gusskern in perspektivischer Darstellung zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel und
- FIG 6 einen Querschnitt durch die Hinterkante einer erfindungsgemäßen Turbinenschaufel.

[0024] Eine die Erfindung betreffende Gasturbinenschaufel 10 ist in FIG 1 perspektivisch dargestellt. Die Gasturbinenschaufel 10 ist gemäß FIG 1 als Laufschaufel

ausgebildet. Die Erfindung kann auch in einer nicht dargestellten Leitschaufel einer Gasturbine verwendet werden. Die Turbinenschaufel 10 umfasst einen im Querschnitt tannenbaumförmigen Schaufelfuß 12 sowie eine daran angeordnete Plattform 14. An die Plattform 14 schließt sich ein aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt 16 an, welches eine Vorderkante 18 sowie eine Hinterkante 20 aufweist. An der Vorderkante 18 sind als sog. "Shower Head" angeordnete Kühlöffnungen vorgesehen, aus denen ein im Inneren strömendes Kühlmittel, vorzugsweise Kühlluft, austreten kann. Das Schaufelblatt 16 umfasst eine - bezüglich FIG 1 - rückseitige Saugseitenwand 22 sowie eine vorderseitige Druckseitenwand 24. Entlang der Hinterkante 20 sind eine Vielzahl von Hinterkantenöffnungen 28 vorgesehen, welche durch dazwischen angeordnete Stege 30 voneinander getrennt sind. Die Hinterkante 20 ist dabei als so genannte Cut-Back-Hinterkante ausgebildet, so dass die Öffnungen 28 eher druckseitig liegen als mittig in der Hinterkante 20.

[0025] FIG 2 zeigt das Innere der aus dem Stand der Technik bekannten Turbinenschaufel 10 in einem Längsschnitt entlang einer Ebene, aufgespannt von einer Mittellinie, welche sich von der Vorderkante 18 zur Hinterkante 20 des Schaufelblattes 16 erstreckt, und von der Schaufellängsrichtung, welche sich von Schaufelfuß 12 zur Schaufelspitze hin erstreckt.

[0026] In FIG 2 sind weiter rechts angeordnet die Hinterkantenöffnungen 28 vorgesehen, zwischen denen die Stege 30 angeordnet sind. Die Stege 30 erstrecken sich im Wesentlichen parallel zu einer Heißgasströmung, welche beim Betrieb das Schaufelblatt 16 von der Vorderkante 18 zur Hinterkante 20 umströmt. In FIG 2 links dargestellt ist eine Vielzahl von in einem Raster angeordnete Säulen- bzw. Sockeln 32 vorgesehen. Sowohl die Säulen 32 als auch die Stege 30 erstrecken sich dabei von einer Innenfläche 34 der Saugseitenwand 22 zu einer nicht dargestellten Innenfläche der Druckseitenwand 24. Folglich sind die Säulen 32 in einem Hohlraum 38 der Turbinenschaufel 10 angeordnet, welcher seitlich von der Saugseitenwand 22 und der Druckseitenwand 24 begrenzt ist.

[0027] Bei der Verwendung der Turbinenschaufel 10 in einer Gasturbine wird während des Betriebes der Hohlraum 38 von einem Kühlmittel, vorzugsweise Kühlluft 40, durchströmt. In der Regel ist der in FIG 2 nicht dargestellte Teil der Turbinenschaufel im Inneren so ausgebildet, dass das Feld von Sockeln 32 im Wesentlichen gleichmäßig von Kühlluft 40 angeströmt wird. Die gleichmäßige Anströmung der im Raster angeordneten Sockel 32 ist durch die mit 40 markierten Pfeile gezeigt. Die Kühlluft 40 trifft auf einzelne Sockel 32 und wird dabei von diesen umgelenkt, wobei deren Hauptströmungsrichtung 40 im Wesentlichen unverändert bleibt. Dabei entstehen in der Kühlluft 40 Turbulenzen. Die vom Heißgas in die Schaufelwände 22, 24 eingebrachte Wärme wird von diesen weiter in die Sockel 32 geleitet. Dort nimmt die auf die Sockel 32 auftreffende Kühlluft 40 die Wär-

me auf und transportiert sie ab. Nachdem die Kühlluft 40 das Sockelfeld durchströmt hat, tritt diese in Kanäle 41 ein, welche den Hohlraum 38 mit den Öffnungen 28 verbinden. Nach Durchströmen der Kanäle 41 tritt die Kühlluft 40 durch die Öffnungen 28 aus der Turbinenschaufel 10 heraus und vermischt sich mit dem das Schaufelblatt 16 umströmenden Heißgas.

[0028] Die während der Durchströmung des Sockelfeldes entstehenden Turbulenzen im Kühlmittel 40 erhöhen den Wärmeübergang von den Seitenwänden 22, 24 des Schaufelblatts 16 in die Kühlluft, so dass eine vergleichsweise effiziente Abführung von Wärme erreicht werden kann. Um eine weiter gesteigerte Übertragung von Wärme aus den Seitenwänden 22, 24 in die Kühlluft 40 zu erreichen, ohne die Menge an benötigter Kühlluft 40 weiter zu erhöhen, werden mit der Erfindung gemäß FIG 3 neuartige Turbulenzelemente 42 vorgeschlagen. Die Turbulenzelemente 42 gemäß FIG 3 weisen eine der anströmenden Kühlluft 40 zugewandte Anströmseite 44 auf, die zumindest teilweise konkav gewölbt ist. Im Längsschnitt sind somit die erfindungsgemäßen Turbulenzelemente 42 C-förmig, also sichelförmig ausgebildet, wobei die Bogen-Enden 46 der Turbulenzelemente 42 derart orientiert sind, dass diese zumindest geringfügig der dort im Betrieb ankommenden Kühlmittelströmung zugewandt sind. Die Turbulenzelemente 42 sind in einer Reihe quer zur Kühlmittel-Hauptströmungsrichtung angeordnet, wobei jedes der Turbulenzelemente 42 einer Reihe eine zumindest teilweise konkav gewölbte Anströmseite 44 aufweist oder sichelförmig ist. Im Unterschied zu der aus dem Stand der Technik gemäß FIG 2 bekannten Anordnung wurden zwei Reihen von Pin-Fins durch eine Reihe von erfindungsgemäßen Turbulenzelementen 42 ersetzt.

[0029] Die Sichelform der Turbulenzelemente 42 kann dabei, wie in FIG 3 und FIG 4 dargestellt, so im Hohlraum 38 ausgerichtet sein, dass die Enden eines Turbulenzelementes 42 auf unterschiedlichen Höhen des Schaufelblatts 16 liegen. Eingebaut in einer Turbine liegen diese dann auf unterschiedlichen Radien - bezogen auf eine Maschinenachse der Gasturbine, um die sich der Rotor dreht. Alternativ dazu ist aber auch denkbar, dass die Turbulenzelemente 42 nicht nur im Längsschnitt sichelförmig, sondern zusätzlich auch im Querschnitt sichelförmig sind. Hierdurch ergibt sich eine insgesamt tassen- oder tellerförmige Kontur des Turbulenzelements 42 mit einer zumindest teilweise sphärischen Anströmseite 44, welche einen besonders großen Druckverlust erzeugt.

[0030] Durch die Positionierung von erfindungsgemäßen Turbulenzelementen 42 stromauf der Stege 30, im Innern der Turbinenschaufel 10, ist es möglich, eine Breite d (FIG 4) der Öffnung 28 zu vergrößern, ohne dass dadurch ein erhöhter Verbrauch an Kühlluft auftritt. Die Turbulenzelemente 42 weisen gegenüber den in Reihen angeordneten Sockeln 32 einen weiter erhöhten Strömungswiderstand auf, so dass sich an dieser Stelle ein erhöhter Druckverlust einstellt, welcher die Zunahme von Kühlmittelverbrauch verhindert.

[0031] Gemäß FIG 4 ist selbstverständlich auch denkbar, unterschiedliche geometrische Ausgestaltungen an erfindungsgemäßen Turbulenzelementen 42 in unterschiedlichen Reihen zu verwenden. So kann beispielsweise eine Länge h in Längsrichtung, eine Breite b und somit die Wölbung der konkaven Anströmseite 44 der Turbulenzelemente 42 und der Abstand L zwischen zwei benachbarten Reihen an lokale Anforderungen angepasst werden.

[0032] FIG 6 zeigt den Schnitt VI aus FIG 3 durch eine erfindungsgemäße Turbinenschaufel mit den neuartigen Turbulenzelementen 42. Die Saugseitenwand 22 und die Druckseitenwand 24 erstrecken sich zur Hinterkante 20. Die Öffnungen 28 sind ihrerseits durch dazwischen angeordnete Stege 30 voneinander getrennt. Eine Innenfläche 34 der Saugseitenwand 22 liegt einer Innenfläche 48 der Druckseitenwand 24 keilförmig gegenüber, so dass in Hauptströmungsrichtung des Kühlmittels 40 betrachtet, diese zur Hinterkante 20 hin konvergieren, d.h. aufeinander zulaufen. Zwischen den Innenflächen 34, 48 sind in Hauptströmungsrichtung aufeinanderfolgend zuerst zwei Reihen von Sockeln 32 vorgesehen, der strömungstechnisch nachgeordnet eine Reihe von erfindungsgemäßen ausgebildeten Turbulenzelementen 42 folgt. Im Anschluss daran folgen die Stege 30 mit den zwischen ihnen angeordneten Kanälen 41.

[0033] FIG 5 zeigt in perspektivischer Darstellung einen erfindungsgemäßen Gusskern 110 mit in einem ersten Bereich nahe der Gusskernhinterkante 120 angeordneten ersten Öffnungen 130. Dazu benachbart in einem zweiten Bereich ist eine Vielzahl von in zwei Reihen angeordneten zweiten Öffnungen 142 vorgesehen. Die zweiten Öffnungen 142 weisen zumindest eine Teilkontur auf, die konkav geformt ist.

[0034] Durch die Verwendung des Gusskerns 110 in einer Gießvorrichtung kann mit diesem eine erfindungsgemäße Turbinenschaufel hergestellt werden, wobei der vom Gusskern 110 eingenommen Platz nach Herstellung der gegossenen Turbinenschaufel als Hohlraum in der Turbinenschaufel verbleibt. Die im Gusskern 110 vorhandenen Öffnungen 130, 142 werden beim Gießen der Turbinenschaufel 10 von Gussmaterial ausgefüllt und verbleiben somit nachher als strukturelle Elemente, namentlich als Stege 30 und Turbulenzelemente 42, in der Turbinenschaufel.

[0035] Insgesamt weist ein erfindungsgemäßer Gusskerns 110 eine komplementäre Kontur zum erfindungsgemäßen Inneren der Turbinenschaufel auf.

[0036] Die Erfindung kann sowohl in einer Laufschaufel als auch in einer Leitschaufel verwendet werden.

[0037] Insgesamt wird mit der Erfindung eine Turbinenschaufel mit einer teilweise neuen inneren Struktur vorgeschlagen. Die neuen Elemente sind stromauf der an der Hinterkante 20 des Schaufelblattes 16 der Turbinenschaufel angeordneten Stege 30 angeordnet. Die Struktur beinhaltet eine in einer Reihe angeordneten Turbulenzelemente 42, die eine von einem Kühlmittel 40 anströmbare Anströmseite 44 aufweist, welche erfin-

dungsgemäß zumindest teilweise konkav gekrümmt ist. Vorzugsweise sind die Turbulenzelemente 42 sichelförmig ausgebildet. Diese aerodynamisch besonders ungünstige Form der Turbulenzelemente 42 ruft einen erhöhten Druckverlust hervor, was die Durchströmung mit Kühlmittel erschwert. Dies ermöglicht, die Breite d der Öffnungen 28 (vgl. FIG 4) zu vergrößern im Vergleich zu einer aus dem Stand der Technik bekannten Turbinenschaufel 10, ohne dass sich dadurch ein erhöhter Verbrauch an Kühlmittel einstellt. Auch wird mit der Erfindung ein wesentlich stabilerer Gusskern 110 bereitgestellt, da die im Gusskern 110 benötigten ersten Öffnungen 130 zum Herstellen der Stege 30 einer Turbinenschaufel nun weiter beabstandet sein können als bisher. Dies führt zu einer größeren Stabilität des Gusskerns 110 im Bereich der Gusskernhinterkante 120, wodurch dieser an dieser Stelle weniger zu brechen neigt und daher robuster gehandhabt werden kann.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel für eine Gasturbine, mit einem hohlen, von einem Heißgas umströmbaren Schaufelblatt (16), an dessen Hinterkante (20) verteilt mehrere Öffnungen (28) zum Ausblasen eines die Turbinenschaufel kühlenden Kühlmittels (40) durch dazwischen angeordnete Stege (30) voneinander getrennt sind, wobei im Inneren des Schaufelblatts (16) zumindest ein mit mehreren der Öffnungen (28) strömungstechnisch verbundener Hohlraum (38) vorgesehen ist, in dem stromauf der Stege (30) mehrere Turbulenzelemente (42) vorgesehen sind, die jeweils eine der dort ankommenden Kühlmittelströmung zugewandte Anströmseite (44) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Turbulenzelemente (42) - im Längsschnitt des Schaufelblatts (16) betrachtet - eine zumindest teilweise konkav gewölbte Anströmseite (44) aufweist.
2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, bei der die Turbulenzelemente (42) stromauf der Stege (30) in zumindest einer Reihe quer zur Kühlmittel-Hauptströmrichtung angeordnet sind und/oder jedes der Turbulenzelemente (42) der Reihe eine zumindest teilweise konkav gewölbte Anströmseite (44) aufweist.
3. Turbinenschaufel nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Turbulenzelemente (42) im Längs- und /oder Querschnitt C-förmig ausgebildet sind.
4. Turbinenschaufel nach Anspruch 3, bei der die Bogen-Enden (46) der Turbulenzelemente (42) derart orientiert sind, dass diese zumindest geringfügig der dort im Betrieb ankommenden Kühlmittelströmung zugewandt sind.
5. Turbinenschaufel nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der in Längsrichtung des Schaufelblatts (16) der Abstand zwischen zwei benachbarten Turbulenzelementen (42) um den Faktor 2 kleiner ist als deren jeweilige Erstreckung in Längsrichtung.
6. Turbinenschaufel nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der das Schaufelblatt (16) eine Saugseitenwand (22) und eine Druckseitenwand (24) umfasst, deren jeweiligen Innenflächen (34, 48) den Hohlraum (38) und die sich zu den Öffnungen (28) hin erstreckenden Kanäle (41) zwischen den Stegen (30) seitlich begrenzen, wobei sich die Turbulenzelemente (42) jeweils von einer der beiden Innenflächen (34, 48) bis zur anderen Innenfläche (34, 48) erstrecken.
7. Turbinenschaufel nach Anspruch 6, bei der die Innenflächen (34, 48) derart zueinander geneigt sind, dass sie - im Querschnitt des Schaufelblatts (16) betrachtet - zur Hinterkante (20) der Turbinenschaufel konvergieren.
8. Turbinenschaufel nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der im Hohlraum (38) stromauf und/oder stromab der Turbulenzelemente (42) ein weiteres Mittel (32, 42) zur Anfachung der Turbulenz des durch den Hohlraum (38) zu den Öffnungen (28) strömenden Kühlmittels (40) vorgesehen ist.
9. Turbinenschaufel nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der das weitere Mittel (32) eine Vielzahl von in einem Raster angeordneten Säulen/Sokkeln (32) umfasst.
10. Turbinenschaufel nach Anspruch 9, bei der die Säulen resp. Sockel (32) zylindrisch ausgebildet sind.
11. Turbinenschaufel nach Anspruch 3 und 8, bei der das weitere Mittel aus mindestens einer Reihe von Elementen gebildet ist, deren Kontur der Kontur eines der Turbulenzelemente (42) entspricht.
12. Gusskern (110) zur Verwendung in einer Gießvorrichtung zum Herstellen einer gegossenen Turbinenschaufel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, um nach dessen Entfernung aus der gegossenen Turbinenschaufel einen von einem Kühlmittel (40) durchströmbaren Hohlraum (38) in der Turbinenschaufel zu hinterlassen,
 - mit einem ersten Bereich nahe einer Gusskernhinterkante (120), an der mehrere erste Öffnungen (130) zur Bildung von Stegen (30) in an der Hinterkante (120) der Turbinenschaufel angeordnet sind, und
 - mit mehreren zweiten Öffnungen (142), welche in einem zweiten Bereich benachbart zu dem

ersten Bereich der ersten Öffnungen (130) angeordnet sind und
mittels denen in der gegossenen Turbinenschaufel Turbulenzelemente (42) verbleiben,

5

dadurch gekennzeichnet, dass

zumindest eine der zweiten Öffnungen (142) zur Bildung von korrespondierend geformten Turbulenzelementen (42) in der Turbinenschaufel (10) zumindest teilweise konkav geformt ist, wobei der konkave Teil der Öffnung (130, 142) der Gusskernhinterkante (120) abgewandt ist.

10

13. Gusskern (110) nach Anspruch 12,
mit welchem eine Turbinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 11 herstellbar ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

(Stand der Technik)

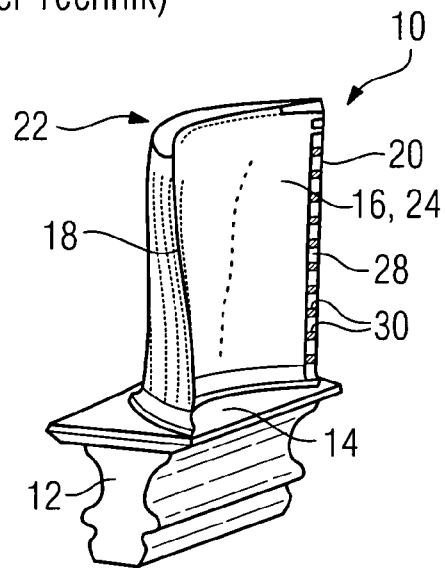


FIG 2

(Stand der Technik)

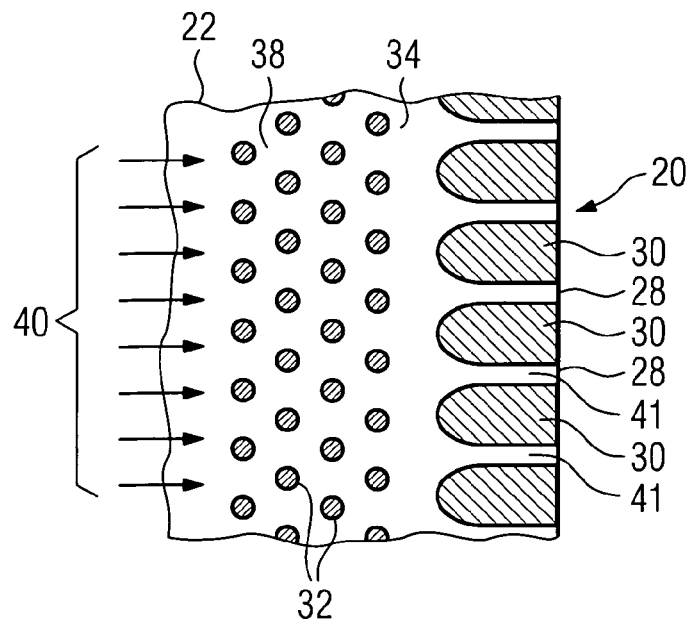


FIG 3

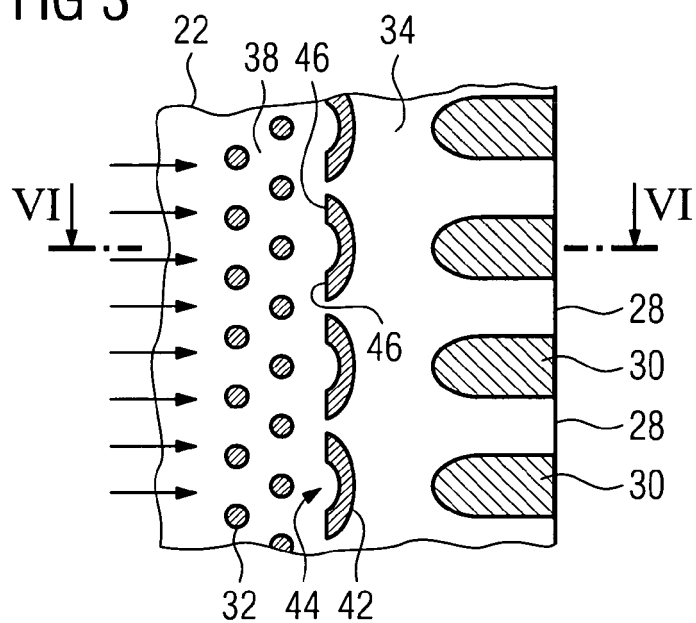


FIG 4

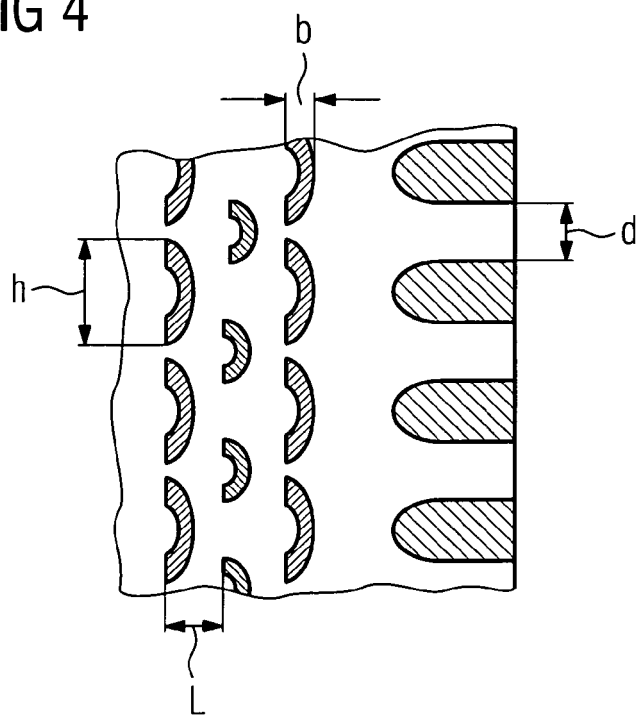


FIG 5

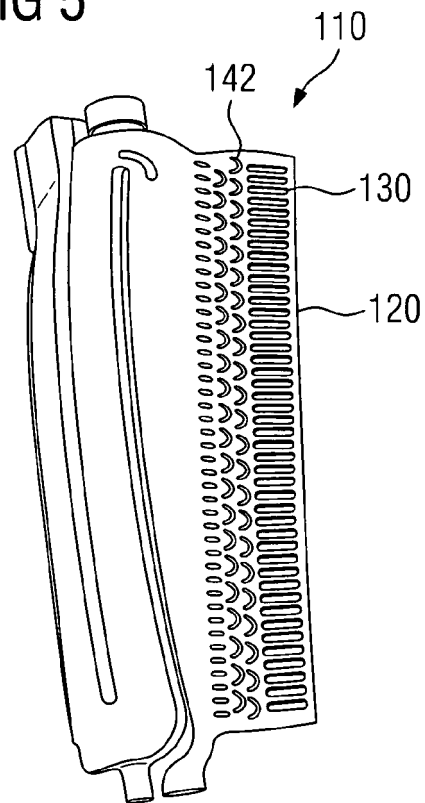
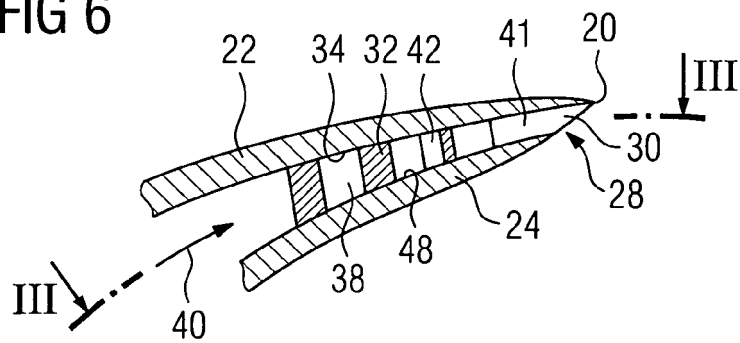


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 08 01 2518

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
D,A	WO 03/042503 A (HONEYWELL INT INC [US]) 22. Mai 2003 (2003-05-22) * das ganze Dokument *	1-13	INV. F01D5/18
X	EP 1 840 330 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 3. Oktober 2007 (2007-10-03) * Abbildungen *	1-13	
X	US 2006/239820 A1 (KIZUKA NOBUAKI [JP] ET AL) 26. Oktober 2006 (2006-10-26) * Abbildung 12 *	1-13	
X	EP 0 527 554 A (HITACHI LTD [JP]) 17. Februar 1993 (1993-02-17) * Abbildung 8 *	1-13	
X	DE 103 16 974 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 27. November 2003 (2003-11-27) * Abbildungen *	1-13	
X	EP 1 607 577 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 21. Dezember 2005 (2005-12-21) * Abbildung 5 *	1-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D
X	US 2006/099073 A1 (DJERIDANE TOUFIK [CA] ET AL) 11. Mai 2006 (2006-05-11) * Abbildungen 4a-c,5 *	1-13	
X	US 2002/062945 A1 (HOCKER RAINER [DE] ET AL) 30. Mai 2002 (2002-05-30) * Abbildung 9 *	1-13	
X	US 6 554 571 B1 (LEE CHING-PANG [US] ET AL) 29. April 2003 (2003-04-29) * Abbildungen 4,5 *	1-13	
	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Oktober 2008	Prüfer Raspo, Fabrice
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 : mündliche 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)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 01 2518

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 661 414 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO [JP]) 5. Juli 1995 (1995-07-05) * Abbildung 14 *	1-13	
X	US 5 246 341 A (HALL KENNETH B [US] ET AL) 21. September 1993 (1993-09-21) * Abbildung 3 *	1-13	
X	GB 2 349 920 A (ABB ALSTOM POWER CH AG [CH] ABB ALSTOM POWER CH AG [CH]; ALSTOM [CH]) 15. November 2000 (2000-11-15) * Abbildung 2 *	1-13	
X	US 6 183 194 B1 (CUNHA FRANCISCO JOSE [US] ET AL) 6. Februar 2001 (2001-02-06) * Abbildungen 3,4 *	1-13	
X	EP 1 091 092 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 11. April 2001 (2001-04-11) * Abbildung 5 *	1-13	
X	WO 01/31171 A (PRATT & WHITNEY CANADA [CA]) 3. Mai 2001 (2001-05-03) * Abbildung 4 *	1-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Oktober 2008	Prüfer Raspo, Fabrice
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	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 01 2518

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.

31-10-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03042503	A	22-05-2003	CA 2467188 A1	22-05-2003
			EP 1444418 A1	11-08-2004
			US 2004076519 A1	22-04-2004
EP 1840330	A	03-10-2007	CA 2582032 A1	24-09-2007
			CN 101042073 A	26-09-2007
			JP 2007255425 A	04-10-2007
			KR 20070096808 A	02-10-2007
			SG 136063 A1	29-10-2007
			US 2007224048 A1	27-09-2007
US 2006239820	A1	26-10-2006	KEINE	
EP 0527554	A	17-02-1993	DE 69216501 D1	20-02-1997
			DE 69216501 T2	31-07-1997
			JP 3006174 B2	07-02-2000
			JP 5010101 A	19-01-1993
DE 10316974	A1	27-11-2003	KEINE	
EP 1607577	A	21-12-2005	CN 1710255 A	21-12-2005
			JP 2006002758 A	05-01-2006
			US 2005281673 A1	22-12-2005
US 2006099073	A1	11-05-2006	CA 2583126 A1	11-05-2006
			WO 2006047854 A1	11-05-2006
			EP 1812769 A1	01-08-2007
			JP 2008519197 T	05-06-2008
US 2002062945	A1	30-05-2002	KEINE	
US 6554571	B1	29-04-2003	KEINE	
EP 0661414	A	05-07-1995	DE 69412056 D1	03-09-1998
			DE 69412056 T2	28-01-1999
			DE 69433749 D1	03-06-2004
			DE 69433749 T2	07-10-2004
			JP 3192854 B2	30-07-2001
			JP 7189603 A	28-07-1995
			US 5538394 A	23-07-1996
US 5246341	A	21-09-1993	KEINE	
GB 2349920	A	15-11-2000	DE 19921644 A1	16-11-2000
			US 6347923 B1	19-02-2002

EPO FORM P0461

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

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

EP 08 01 2518

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

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-10-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6183194	B1	06-02-2001	KEINE
EP 1091092	A	11-04-2001	JP 2001107705 A 17-04-2001
			US 6402470 B1 11-06-2002
			US 2002021966 A1 21-02-2002
WO 0131171	A	03-05-2001	CA 2383961 A1 03-05-2001
			CZ 20021393 A3 16-10-2002
			DE 60017166 D1 03-02-2005
			DE 60017166 T2 25-05-2005
			EP 1222366 A1 17-07-2002
			JP 2003513189 T 08-04-2003
			US 6257831 B1 10-07-2001

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2003042503 A1 [0002] [0003] [0004]