

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
5. Februar 2015 (05.02.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/014566 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01D 5/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/064288

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Juli 2014 (04.07.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
13178387.0 29. Juli 2013 (29.07.2013) EP

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: AHMAD, Fathi; Moselstr. 1, 41564 Kaarst
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

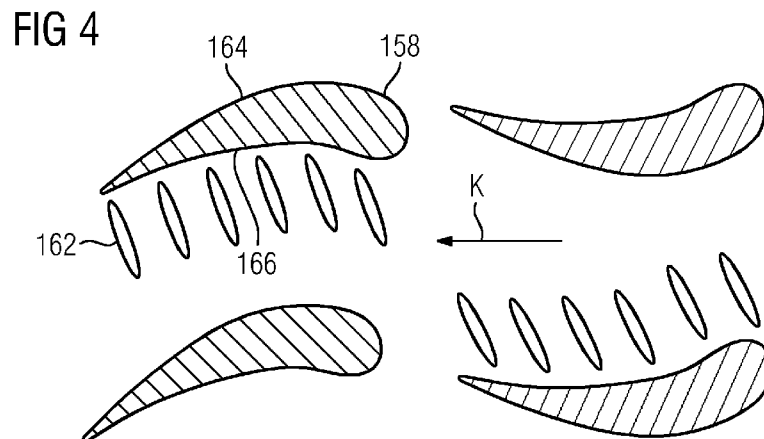
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: TURBINE BLADE HAVING HEAT SINKS THAT HAVE THE SHAPE OF AN AEROFOIL PROFILE

(54) Bezeichnung : TURBINENSCHAUFEL MIT TRAGFLÄCHENPROFILFÖRMIGEN KÜHLKÖRPERN



(57) Abstract: The invention relates to a turbine blade (120, 130), which has a pressure side (148), a suction side (150), and a cooling air channel (152), which is arranged between the pressure side and the suction side and which is bounded by inner surfaces of the pressure side and of the suction side. A cylindrical heat sink (158) having a base surface, which has the shape of an aerofoil profile and has a profile top side (164) and a profile bottom side (166), is arranged in the cooling air channel, which heat sink extends from the pressure side to the suction side. Turbulators (162), which enable an improved cooling air effect and thus higher operating temperatures and a higher efficiency of the turbine, are arranged on the inner surface of the pressure side and/or of the suction side in a region adjacent to the heat sink. For this purpose, the turbulators are arranged in such a way that lower air turbulence is produced in a region adjacent to the profile top side than in a region adjacent to the profile bottom side.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/014566 A1



Eine Turbinenschaufel (120, 130) mit einer Druckseite (148), einer Saugseite (150) und einem dazwischen angeordneten, von Innenflächen der Druckseite und der Saugseite begrenzten, Kühlluftkanal (152), wobei in dem Kühlluftkanal ein zylindrischer Kühlkörper (158) mit tragflächenprofilförmiger Grundfläche mit einer Profiloberseite (164) und einer Profilunterseite (166) angeordnet ist, der sich von der Druckseite zur Saugseite erstreckt, wobei auf der Innenfläche der Druckseite und/oder der Saugseite in einem an den Kühlkörper angrenzenden Bereich Turbulatoren (162) angeordnet sind, die eine verbesserte Kühlluftwirkung und somit höhere Betriebstemperaturen und einen höheren Wirkungsgrad der Turbine erlauben. Dazu sind die Turbulatoren derart angeordnet, dass in einem an die Profiloberseite angrenzenden Bereich eine geringere Luftverwirbelung erzeugt wird, als in einem an die Profilunterseite angrenzenden Bereich.

Beschreibung

TURBINENSCHAUFEL MIT TRAGFLÄCHENPROFILFÖRMIGEN KÜHLKÖRPERN

5 Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel mit einer Druck-
seite, einer Saugseite und einem dazwischen angeordneten, von
Innenflächen der Druckseite und der Saugseite begrenzten
Kühlluftkanal, wobei in dem Kühlluftkanal ein zylindrischer
Kühlkörper mit tragflächenprofilförmiger Grundfläche mit ei-
10 ner Profiloberseite und einer Profilunterseite angeordnet
ist, der sich von der Druckseite zur Saugseite erstreckt, wo-
bei die Grundfläche in der Innenfläche der Druckseite oder
der Saugseite liegt, wobei auf der Innenfläche der Druckseite
und/oder der Saugseite im Bereich des Kühlkörpers Turbulato-
15 ren angeordnet sind.

Eine Turbine ist eine Strömungsmaschine, welche die innere
Energie (Enthalpie) eines strömenden Fluids (Flüssigkeit oder
Gas) in Rotationsenergie und letztlich in mechanische An-
20 triebsenergie umwandelt. Dem Fluidstrom wird durch die mög-
lichst wirbelfreie laminare Umströmung der Turbinenschaufeln
ein Teil seiner inneren Energie entzogen, der auf die Lauf-
schaufeln der Turbine übergeht. Über diese wird dann die Tur-
binenwelle in Drehung versetzt, die nutzbare Leistung wird an
25 eine angekuppelte Arbeitsmaschine, wie beispielsweise an ei-
nen Generator, abgegeben. Laufschaufeln und Welle sind Teile
des beweglichen Rotors oder Läufers der Turbine, der inner-
halb eines Gehäuses angeordnet ist.

30 In der Regel sind mehrere Schaufeln auf der Achse montiert.
In einer Ebene montierte Laufschaufeln bilden jeweils ein
Schaufelrad oder Laufrad. Die Schaufeln sind leicht gekrümmt
profiliert, ähnlich einer Flugzeugtragfläche. Vor jedem Lauf-
rad befindet sich üblicherweise ein Leitrad. Diese Leitschau-
35 feln ragen vom Gehäuse in das strömende Medium hinein und
versetzen es in einen Drall. Der im Leitrad erzeugte Drall
(kinetische Energie) wird im darauffolgenden Laufrad genutzt,
um die Welle, auf der die Laufradschaufeln montiert sind, in

Rotation zu versetzen. Leitrad und Laufrad zusammen bezeichnet man als Stufe. Oft sind mehrere solcher Stufen hintereinandergeschaltet.

5 Die Turbinenschaufeln einer Turbine sind besonderen Belastungen ausgesetzt. Die hohen Belastungen machen höchstbelastbare Werkstoffe erforderlich. Turbinenschaufeln werden daher aus Titan-Legierungen, Nickel-Superlegierung oder Wolfram-Molybdän-Legierungen gefertigt. Die Schaufeln werden für höhere
10 Resistenz gegen Temperaturen so wie Erosion wie zum Beispiel Lochfraß, auch bekannt unter „pitting corrosion“, durch Beschichtungen geschützt. Die Beschichtung zur Hitzeabschirmung wird Thermal Barrier Coating bzw. kurz TBC genannt. Weitere Maßnahmen, um die Schaufeln hitzeresistenter zu machen, bestehen in ausgeklügelten Kühlkanalsystemen. Diese Technik
15 wird sowohl in den Leit- als auch in den Laufschaufeln angewendet.

Vielfach werden in die Turbinenschaufeln Kühlkanäle eingegossen,
20 sen, die sich zwischen der Druck- und der Saugseite des Turbinenschaufelprofils erstrecken. Die Kühlkanäle werden dabei von den Innenflächen der Druck- und Saugseite sowie weiteren eingebrachten Begrenzungswänden begrenzt. Zur Verbesserung der Kühlwirkung der durchströmenden Luft werden hier bedarfsweise Kühlkörper, so genannte „pin fins“ angeordnet, die verschiedene Formen aufweisen können, insbesondere auch im Querschnitt in der Art eines Tragflächenprofils geformt sein können. Derartige Kühlkörper sind dem Fachmann z. B. aus der
25 EP 0 230 917, der EP 0 034 961 und der US 5,536,143 bekannt.

30 Diese Kühlkörper werden beim Gießprozess der Turbinenschaufel eingebracht. Weiterhin werden an der Innenfläche des Kühlkanals, insbesondere an der Innenfläche der Außenwände der Turbinenschaufel im Bereich dieser pin fins häufig Turbulatoren
35 angebracht, die für zusätzliche Luftverwirbelung sorgen und die Kühlwirkung verbessern.

Die thermische Belastung der Turbinenschaufeln begrenzt zurzeit den Wirkungsgrad der Turbine, da die Werkstoffe nur eine begrenzte Betriebstemperatur erlauben. Hohe Betriebstemperaturen wirken sich aber positiv auf den Carnot-Wirkungsgrad aus.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Turbinenschaufel der eingangs genannten Art anzugeben, die eine verbesserte Kühl-
luftwirkung und somit höhere Betriebstemperaturen und einen
höheren Wirkungsgrad der Turbine erlaubt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, indem die Turbulatoren derart angeordnet sind, dass in einem an die Profilo-
oberseite angrenzenden Bereich eine geringere Luftverwirbelung erzeugt wird als in einem an die Profilunterseite an-
grenzenden Bereich.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass bislang bei der Anwendung von Kühlkörpern, insbesondere solchen mit einem Tragflächenprofil, der durch die Kühlkörper verursachte thermale Gradient nicht berücksichtigt wird. Ein derartiger thermaler Gradient kann eine Erhöhung der thermischen Belastung des Bauteils bedeuten, was die Lebensdauer reduziert. Hierbei wurde erkannt, dass bei Kühlkörpern mit Tragflächenprofil ein derartiger thermaler Gradient entsteht, da auf der Oberseite, d. h. der Seite, an der durch die Profilwölbung die Luft einen längeren Weg von der Profilnase zur Profilhinterkante nehmen muss, eine höhere Geschwindigkeit der Kühl-
luft erreicht wird. Dadurch ist nämlich an der Oberseite der Wärmetransfer gegenüber der Unterseite verbessert. Daher sollte zur Vermeidung des thermalen Gradienten der Wärmeübertrag an der Unterseite erhöht werden. Dies kann durch verstärkte turbulente Strömung, d. h. Luftverwirbelungen im Bereich der Unterseite geschehen. Dazu sollten die Turbulatoren an der Innenfläche des Kühlkanals derart angeordnet sein, dass in dem an die Profiloberseite angrenzenden Bereich eine geringere Luftverwirbelung erzeugt wird als in dem an die Profilunterseite angrenzenden Bereich.

Vorteilhafterweise ist dazu in dem an die Profilunterseite des Kühlkörpers angrenzenden Bereich eine größere Anzahl von Turbulatoren als in dem an die Profiloberseite angrenzenden Bereich angeordnet. Als Turbulatoren können dabei jede Art von künstlich aufgebrachtten Oberflächenstörungen verwendet werden, die eine laminare Strömung in eine turbulente überführen, so z. B. querlaufende Schienen, kleine vertikale Bleche oder Bohrungen. Werden an der Profiloberseite mehr Turbulatoren angeordnet, wird der gewünschte Effekt der größeren Luftverwirbelung hier erreicht.

Noch vorteilhafter sind dabei in dem an die Profiloberseite des Kühlkörpers angrenzenden Bereich keine Turbulatoren angeordnet. Hierdurch werden Luftverwirbelungen im Bereich der Profiloberseite minimiert, so dass der Wärmeübertrag reduziert wird. Auch dies trägt zu einem Ausgleich des Wärmeübertrags an Profilober- und -unterseite bei.

In vorteilhafter Ausgestaltung weisen die Turbulatoren mit einem Winkel von mehr als 45 Grad zu einer Hauptströmungsrichtung im Kühlluftkanal ausgerichtete Kanten auf. Der jeweilige Turbulator ist dabei als quer zur Luftströmung eingebrachte Schiene ausgestaltet. Eine derartige Form ist vergleichsweise einfach im Gussprozess einzubringen und erzeugt zuverlässig Luftverwirbelungen.

Die Verstärkung der Luftverwirbelung kann in alternativer oder zusätzlicher vorteilhafter Ausgestaltung auch dadurch entstehen, dass sich in dem an die Profilunterseite des Kühlkörpers angrenzenden Bereich angeordnete Turbulatoren weiter erhaben sind als in dem an die Profiloberseite angrenzenden Bereich angeordnete Turbulatoren. Mit anderen Worten: Die an der Profilunterseite angeordneten Turbulatoren erstrecken sich weiter in das Innere des Kühlluftkanals hinein und erzeugen dadurch stärkere Verwirbelungen.

Vorteilhafterweise sind die Turbulatoren derart angeordnet, dass der Wärmeaustrag der Profiloberseite dem der Profilver- unterseite entspricht. Hierdurch wird das Ziel der Eliminierung des thermalen Gradienten optimal erreicht. Die Ausgestaltung der Turbulatoren kann dabei durch Modellrechnungen oder Versuchsreihen ermittelt werden.

Vorteilhafterweise ist eine Mehrzahl von Kühlkörpern insbesondere gitterartig in dem Kühlluftkanal angeordnet. Es kann z. B. ein regelmäßiges Gitter solcher Kühlkörper gebildet werden, durch das die Kühlluft strömt. Durch die Gitteranordnung wird ein Durchfluss der Kühlluft möglichst wenig behindert, während gleichzeitig eine Vielzahl von Kühlkörpern Wärme an die Kühlluft abgeben kann.

Weiterhin grenzt der Kühlluftkanal vorteilhafterweise an eine Profilhinterkante der Turbinenschaufel. An der Hinterkante des tragflächenartigen Profils der Turbinenschaufel ist nämlich der Abstand zwischen Druck- und Saugseite der Turbinenschaufel am geringsten, da diese dort in spitzem Winkel zusammenlaufen. Daher kann hier im Vergleich zu zentraleren Bereichen der Turbinenschaufel weniger Kühlluft strömen, so dass es gerade hier von Vorteil ist, die für den Wärmeaustausch zur Verfügung stehende Oberfläche durch wie beschrieben ausgestaltete Kühlkörper mit Turbulatoren zu erhöhen.

Ein Stator oder Rotor für eine Turbine umfasst vorteilhafterweise eine derartige Turbinenschaufel als Leit- bzw. Lauf-schaufel.

Eine Turbine umfasst vorteilhafterweise einen derartigen Stator und/oder Rotor.

Vorteilhafterweise ist die Turbine dabei als Gasturbine ausgelegt. Gerade in Gasturbinen sind die thermischen und mechanischen Belastungen besonders hoch, so dass die beschriebene Ausgestaltung der Turbinenschaufel besondere Vorteile hin-

sichtlich der Kühlung und damit auch des Wirkungsgrads bietet.

5 Eine Kraftwerksanlage umfasst vorteilhafterweise eine derartige Turbine.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die Vermeidung eines thermalen Gradienten über Kühlkörper mit Tragflächenprofil im Kühlkanal einer
10 Turbinenschaufel eine Verbesserung der Kühlung insbesondere an der Profilhinterkante einer Turbinenschaufel erreicht wird. Die Lebensdauer der Turbinenschaufel wird erhöht, so dass höhere Temperaturen auf der Außenseite der Turbinenschaufel möglich sind. Dies erhöht den Wirkungsgrad der Tur-
15 bine.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

20 FIG 1 einen teilweisen Längsschnitt durch eine Gasturbine,

FIG 2 das Profil einer Laufschaufel,

25 FIG 3 einen Längsschnitt durch die Laufschaufel,

FIG 4 pin fins mit Turbulatoren im Bereich der Profilunterseite, und

30 FIG 5 pin fins mit Turbulatoren in unterschiedlicher Anzahl an Profilunter- und -oberseite.

Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

35

Die FIG 1 zeigt eine Turbine 100, hier eine Gasturbine, in einem Längsteilschnitt. Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 (Axialrichtung) drehgelager-

ten Rotor 103 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird. Entlang des Rotors 103 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 104, ein Verdichter 105, eine torusartige Brennkammer 110, insbesondere Ringbrennkammer 106, mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 107, eine Turbine 108 und das Abgasgehäuse 109.

Die Ringbrennkammer 106 kommuniziert mit einem ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 112 die Turbine 108. Jede Turbinenstufe 112 ist aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums 113 gesehen folgt im Heißgaskanal 111 einer Leitschaufelreihe 115 eine aus Laufschaufeln 120 gebildete Reihe 125.

Die Leitschaufeln 130 sind dabei am Stator 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 mittels einer Turbinenscheibe 133 am Rotor 103 angebracht sind. Die Laufschaufeln 120 bilden somit Bestandteile des Rotors oder Läufers 103. An dem Rotor 103 angekoppelt ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

Während des Betriebes der Gasturbine 100 wird vom Verdichter 105 durch das Ansauggehäuse 104 Luft 135 angesaugt und verdichtet. Die am turbinenseitigen Ende des Verdichters 105 bereitgestellte verdichtete Luft wird zu den Brennern 107 geführt und dort mit einem Brennmittel vermischt. Das Gemisch wird dann unter Bildung des Arbeitsmediums 113 in der Brennkammer 110 verbrannt. Von dort aus strömt das Arbeitsmedium 113 entlang des Heißgaskanals 111 vorbei an den Leitschaufeln 130 und den Laufschaufeln 120. An den Laufschaufeln 120 entspannt sich das Arbeitsmedium 113 impulsübertragend, so dass die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen Belastungen. Die Leitschaufeln 130 und Laufschaufeln 120 der

in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 113 gesehen ersten Turbinenstufe 112 werden neben den die Ringbrennkammer 106 auskleidenden Hitzeschildsteinen am meisten thermisch belastet. Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, werden diese mittels eines Kühlmittels gekühlt. Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion (MCrAlX; M = Fe, Co, Ni, Seltene Erden) und Wärme (Wärmedämmschicht, beispielsweise ZrO₂, Y₂O₄-ZrO₂) aufweisen.

Jede Leitschaufel 130 weist einen dem Innengehäuse 138 der Turbine 108 zugewandten Leitschaufelfuß (hier nicht dargestellt) und einen dem Leitschaufelfuß gegenüberliegenden Leitschaufelkopf auf. Der Leitschaufelkopf ist dem Rotor 103 zugewandt und an einem Dichtring 140 des Stators 143 festgelegt. Jeder Dichtring 140 umschließt dabei die Welle des Rotors 103.

In FIG 2 ist beispielhaft das Profil einer Laufschaufel 120 gezeigt. Das Profil ähnelt dem einer Flugzeugtragfläche. Es weist eine abgerundete Profilnase 144 und einer Profilhinterkante 146 auf. Zwischen Profilnase 144 und Profilhinterkante 146 erstrecken sich die Druckseite 148 und die Saugseite 150 der Laufschaufel. Zwischen Druckseite 148 und Saugseite 150 sind Kühlluftkanäle 152 eingebracht, die sich entlang der in die FIG 2 hineinführenden Haupterstreckungsrichtung der Laufschaufel 120 erstrecken und durch Wandungen 154 voneinander abgegrenzt sind.

Im Bereich der Profilnase 144 sind dabei Kühlluftaustrittsöffnungen 156 vorgesehen, durch die Kühlluft austreten kann und so einen schützenden Kühlfilm auf der Außenseite der Laufschaufel 120 bildet. In dem an die Profilhinterkante 146 angrenzenden Kühlluftkanal 152 sind zusätzlich Kühlkörper 158, so genannte „pin fins“ angeordnet. Diese sind zylindrisch ausgebildet, d. h. als ein von zwei parallelen, ebenen, kongruenten Flächen (Grund- und Deckfläche) und einer Mantel- bzw. Zylinderfläche begrenzter Körper, wobei die Mantelfläche von parallelen Geraden gebildet wird. Die Grund- und Deckflä-

che liegen dabei in der Begrenzungswand des Kühlluftkanals 152, d. h. der Innenfläche der Druckseite 148 bzw. der Saugseite 150. Die Kühlkörper 158 verbessern durch ihre im Querschnitt der Kühlluft stehende Oberfläche den Wärmeübertrag von der Kühlluft in die Laufschaufel 120. Die Kühlkörper 158 haben dabei ein Tragflächenprofil, d. h. die Grund- und Deckfläche sind tragflächenprofilförmig. Durch die gegebene Tragflächenprofilform ergibt sich somit ein Mantelabschnitt des Kühlkörpers, der der Profiloberseite des Tragflächenprofils entspricht, sowie ein weiterer Mantelabschnitt, der der Profilunterseite des Tragflächenprofils entspricht.

FIG 3 zeigt die Laufschaufel 120 im Längsschnitt. Erkennbar ist hier, dass die drei an die Profilnase 144 anschließenden, parallelen Kühlkanäle 152 über Öffnungen 160 derart verbunden sind, dass sie einen mäanderförmigen gemeinsamen Kanal bilden. Kühlluft K tritt am unteren Ende der FIG 3 ein und wird an jeder Öffnung 160 in die entgegengesetzte Richtung umgelenkt und strömt so entlang des Kanals weiter, bis sie schließlich an den Kühlluftaustrittsöffnungen 156 austritt.

In den genannten vier Kühlluftkanälen 152 sind Turbulatoren 162 auf der flachen Außenseite der Laufschaufel 120 quer zur jeweiligen Hauptströmungsrichtung der Kühlluft K angeordnet. Turbulatoren 162 sind kleine künstlich aufgebrachte Oberflächenstörungen. Sie erzeugen Verwirbelungen und überführen eine laminare Grenzschichtströmung in eine turbulente. Turbulatoren 162 bestehen beispielsweise aus querlaufenden Schienen, kleinen vertikalen Blechen oder Bohrungen. Im Ausführungsbeispiel sind sie als Kühlrippen ausgebildet, die als Turbulatoren 162 den Wärmeübertrag und so die Kühlwirkung verbessern. Der der Profilhinterkante 146 zugewandte Kühlluftkanal 152 ist hingegen separat geschaltet und weist wie beschrieben Kühlkörper 158 auf. In FIG 3 ist erkennbar, dass die Kühlkörper 158 ein regelmäßiges Gitter bilden.

Die beschriebene Kühlstruktur wurde am Beispiel einer Laufschaufel 120 erläutert. Eben solche Kühlstrukturen können auch

entsprechend in Leitschaufeln 130 vorgesehen sein. Die im Folgenden beschriebene Ausgestaltung der Kühlkörper 158 und der Turbulatoren 162 kann dort ebenso verwirklicht sein.

5 FIG 4 zeigt vergrößert ausschnittsweise den der Profilhinterkante 146 der Turbinenschaufel 120, 130 zugewandten Kühlkanal 152. Gezeigt sind vier Kühlkörper 158 im Kühlkanal 152 mit der Hauptströmungsrichtung der Kühlluft K. Die Kühlkörper weisen ein Tragflächenprofil auf, dessen Wölbung eine Profiloberseite 164 in Richtung der Wölbung und eine Profilunterseite 166 auf der Rückseite der Wölbung definiert. Die Richtung der Wölbung wechselt im Verlauf der Hauptströmungsrichtung. Die Turbulatoren 162 sind als Kühlrippen, d. h. als quer (mehr als 45 Grad-Winkel) zur Hauptströmungsrichtung
10 ausgerichtete Erhebungen ausgestaltet.
15

In der FIG 4 sind Turbulatoren 162 lediglich im Bereich der jeweiligen Profilunterseite 166 angeordnet. Im Bereich der jeweiligen Profiloberseite 164 der Kühlkörper 158 sind keine
20 Turbulatoren 162 angeordnet.

In der alternativen Ausführungsform der FIG 5 sind gegenüber FIG 4 auch im Bereich der jeweiligen Profiloberseite 164 Turbulatoren 162 angeordnet, jedoch in geringerer Anzahl und
25 Ausdehnung in den Kühlkanal 152.

Die Ausgestaltung der Turbulatoren 162 ist somit derart, dass Luftverwirbelungen an der Profiloberseite 164 geringer sind als an der Profilunterseite 166, so dass an der Profilunterseite 166 der Wärmeübertrag in die Kühlluft K verbessert
30 wird. Dabei sind die Turbulatoren 162 so ausgestaltet, dass der Wärmeübertrag an der Profilunterseite 166 und der Profiloberseite 164 in die Kühlluft K gleich ist, d. h. der verstärkte Wärmeübertrag durch die höhere Kühlluftgeschwindigkeit an der Profiloberseite 164 kompensiert wird. Dadurch
35 wird ein thermaler Gradient über den Kühlkörper 158 vermieden.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (120, 130) mit einer Druckseite (148),
einer Saugseite (150) und einem dazwischen angeordneten, von
5 Innenflächen der Druckseite (148) und der Saugseite (150) be-
grenzten Kühlluftkanal (152),
wobei in dem Kühlluftkanal ein zylindrischer Kühlkörper (158)
mit tragflächenprofilförmiger Grundfläche (158) mit einer
Profiloberseite (164) und einer Profilunterseite (166) ange-
10 ordnet ist, der sich von der Druckseite (148) zur Saugseite
(150) erstreckt, wobei die Grundfläche (158) in der Innenflä-
che der Druckseite (148) oder der Saugseite (150) liegt,
wobei auf der Innenfläche der Druckseite (148) und/oder der
Saugseite (150) in einem an den Kühlkörper (158) angrenzenden
15 Bereich Turbulatoren (162) angeordnet sind, und
wobei die Turbulatoren (162) derart angeordnet sind, dass in
einem an die Profiloberseite (164) angrenzenden Bereich eine
geringere Luftverwirbelung erzeugt wird als in einem an die
Profilunterseite (166) angrenzenden Bereich.
20
2. Turbinenschaufel (120, 130) nach Anspruch 1,
bei der in dem an die Profilunterseite (166) des Kühlkörpers
(158) angrenzenden Bereich eine größere Anzahl von Turbulato-
ren (162) als in dem an die Profiloberseite (164) angrenzen-
25 den Bereich angeordnet sind.
3. Turbinenschaufel (120, 130) nach Anspruch 2,
bei der in dem an die Profiloberseite (164) des Kühlkörpers
(158) angrenzenden Bereich keine Turbulatoren (162) angeord-
30 net sind.
4. Turbinenschaufel (120, 130) nach einem der vorhergehenden
Ansprüche,
bei der die Turbulatoren (162) mit einem Winkel von mehr als
35 45 Grad zu einer Hauptströmungsrichtung im Kühlluftkanal
(152) ausgerichtete Kanten aufweisen.

5. Turbinenschaufel (120, 130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der sich in dem an die Profilunterseite (166) des Kühlkörpers (158) angrenzenden Bereich angeordnete Turbulatoren (162) weiter erhaben ausgebildet sind als in dem an die Profiloberseite (164) angrenzenden Bereich angeordnete Turbulatoren (162).
6. Turbinenschaufel (120, 130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der die Turbulatoren (162) derart angeordnet sind, dass der Wärmeaustrag der Profiloberseite (164) dem der Profilunterseite (166) entspricht.
7. Turbinenschaufel (120, 130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der eine Mehrzahl von Kühlkörpern (158) in dem Kühlluftkanal (152) angeordnet ist.
8. Turbinenschaufel (120, 130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der der Kühlluftkanal (152) an eine Profilhinterkante (146) der Turbinenschaufel (120, 130) grenzt.
9. Stator (143) oder Rotor (103) für eine Turbine (100) mit einer Turbinenschaufel (120, 130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
10. Turbine (100) mit einem Stator (143) und/oder Rotor (103) nach Anspruch 9.
11. Turbine (100) nach Anspruch 10,
die als Gasturbine (100) ausgelegt ist.
12. Kraftwerksanlage mit einer Turbine (100) nach Anspruch 10 oder 11.

FIG 2

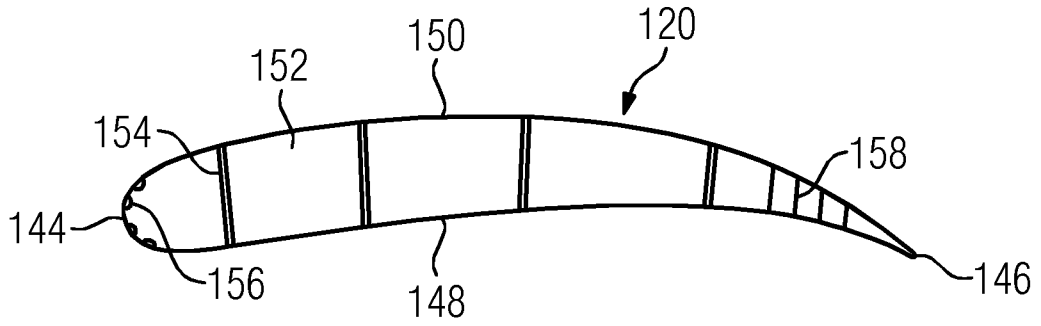


FIG 3

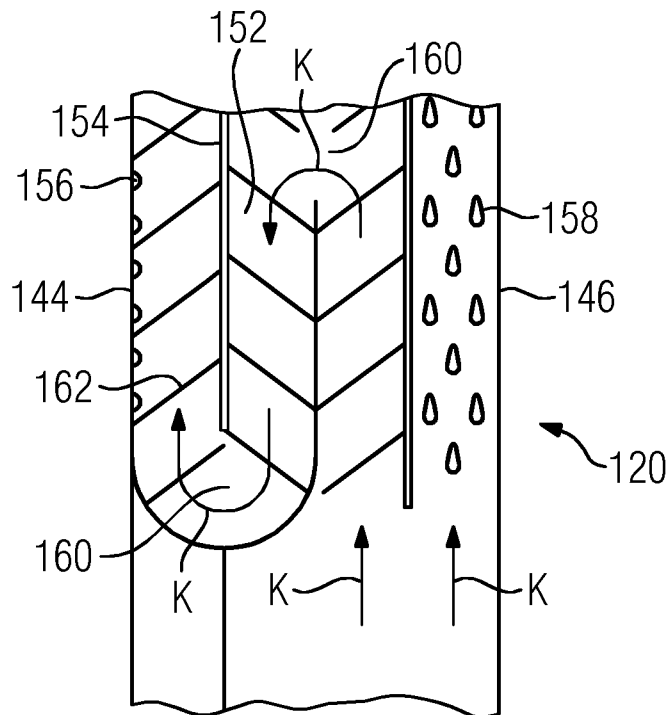


FIG 4

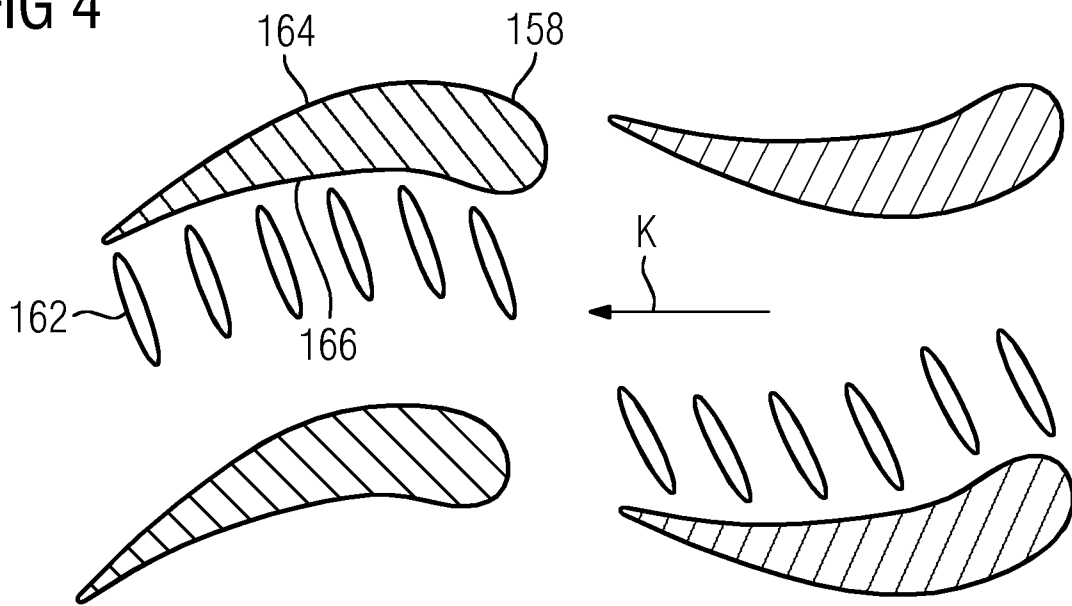
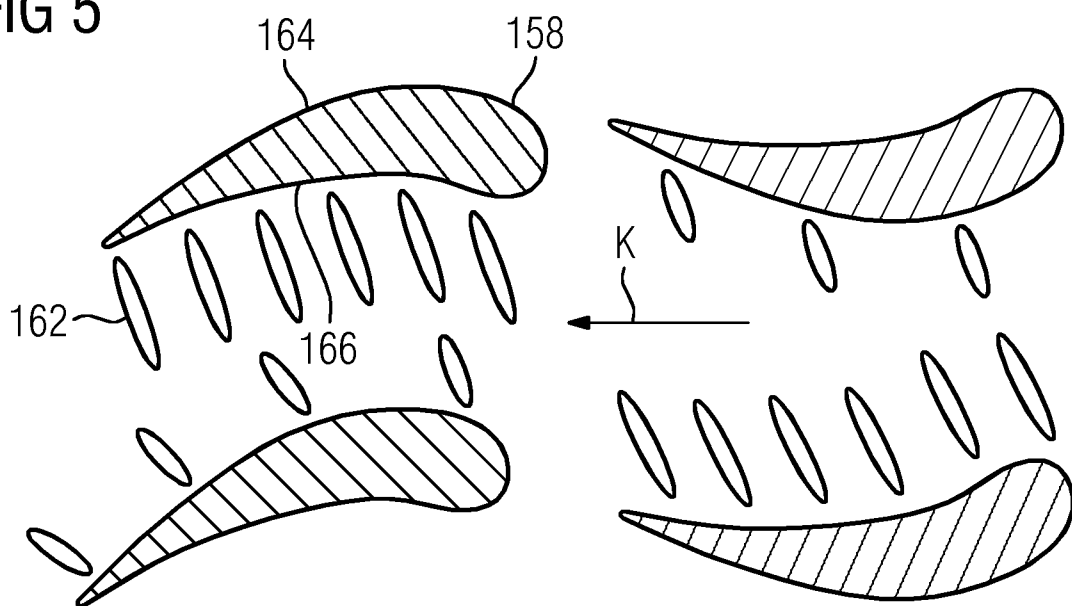


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/064288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F01D5/18 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F01D F04D F28F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 772 397 A (MORRIS MARK C [US] ET AL) 30 June 1998 (1998-06-30)	1-4,7-12
Y	figures 1-5	5,6
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) figure 2	1-3,8-12
X	EP 0 230 917 A2 (HITACHI LTD [JP]) 5 August 1987 (1987-08-05) figures 10,11; examples 5,6	1-4,7, 9-12
X	EP 0 034 961 A1 (SNECMA [FR]) 2 September 1981 (1981-09-02) figure 1	1,2,7-12
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
26 August 2014	03/09/2014	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Koch, Rafael	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/064288

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 239 120 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 11 September 2002 (2002-09-11) figures 1-4 -----	1-3,7-12
Y	EP 1 762 700 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 14 March 2007 (2007-03-14)	5
A	paragraph [0001] - paragraph [0016]; figure 2 -----	1-3
Y	EP 0 992 655 A2 (ASEA BROWN BOVERI [CH] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 12 April 2000 (2000-04-12) the whole document -----	6
A	US 5 536 143 A (JACALA ARIEL [US] ET AL) 16 July 1996 (1996-07-16) figures 1-18 -----	1,4,5, 7-12
A	EP 2 194 232 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 9 June 2010 (2010-06-09) claim 1; figures 1-6 -----	1,4
A	EP 2 458 148 A1 (SIEMENS AG [DE]) 30 May 2012 (2012-05-30) paragraph [0031] - paragraph [0032]; figures 1-5 -----	1,4,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/064288

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5772397	A	30-06-1998	NONE
GB 2349920	A	15-11-2000	DE 19921644 A1 16-11-2000 GB 2349920 A 15-11-2000 US 6347923 B1 19-02-2002
EP 0230917	A2	05-08-1987	DE 3789514 D1 11-05-1994 DE 3789514 T2 29-09-1994 EP 0230917 A2 05-08-1987 JP H0418121 B2 26-03-1992 JP S62271902 A 26-11-1987 US 4786233 A 22-11-1988
EP 0034961	A1	02-09-1981	DE 3166389 D1 08-11-1984 EP 0034961 A1 02-09-1981 FR 2476207 A1 21-08-1981 JP S6326242 B2 28-05-1988 JP S56159507 A 08-12-1981
EP 1239120	A2	11-09-2002	DE 60208977 T2 27-07-2006 EP 1239120 A2 11-09-2002 US 2002127095 A1 12-09-2002
EP 1762700	A2	14-03-2007	EP 1762700 A2 14-03-2007 US 2007059177 A1 15-03-2007
EP 0992655	A2	12-04-2000	DE 19846332 A1 13-04-2000 EP 0992655 A2 12-04-2000 US 6343474 B1 05-02-2002
US 5536143	A	16-07-1996	DE 69612319 D1 10-05-2001 DE 69612319 T2 02-05-2002 EP 0735240 A1 02-10-1996 IN 186935 A1 15-12-2001 JP 3894974 B2 22-03-2007 JP H08319803 A 03-12-1996 KR 100393725 B1 03-11-2003 US 5536143 A 16-07-1996
EP 2194232	A2	09-06-2010	DE 102008060424 A1 10-06-2010 EP 2194232 A2 09-06-2010 US 2010143140 A1 10-06-2010
EP 2458148	A1	30-05-2012	CN 103119246 A 22-05-2013 EP 2458148 A1 30-05-2012 EP 2569513 A1 20-03-2013 US 2013239541 A1 19-09-2013 WO 2012069273 A1 31-05-2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/064288

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F01D5/18
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F01D F04D F28F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 772 397 A (MORRIS MARK C [US] ET AL) 30. Juni 1998 (1998-06-30)	1-4,7-12
Y	Abbildungen 1-5	5,6

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)	1-3,8-12
	Abbildung 2	

X	EP 0 230 917 A2 (HITACHI LTD [JP]) 5. August 1987 (1987-08-05)	1-4,7, 9-12
	Abbildungen 10,11; Beispiele 5,6	

X	EP 0 034 961 A1 (SNECMA [FR]) 2. September 1981 (1981-09-02)	1,2,7-12
	Abbildung 1	

	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
26. August 2014	03/09/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Koch, Rafael
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 239 120 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 11. September 2002 (2002-09-11) Abbildungen 1-4 -----	1-3,7-12
Y	EP 1 762 700 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 14. März 2007 (2007-03-14)	5
A	Absatz [0001] - Absatz [0016]; Abbildung 2 -----	1-3
Y	EP 0 992 655 A2 (ASEA BROWN BOVERI [CH] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 12. April 2000 (2000-04-12) das ganze Dokument -----	6
A	US 5 536 143 A (JACALA ARIEL [US] ET AL) 16. Juli 1996 (1996-07-16) Abbildungen 1-18 -----	1,4,5, 7-12
A	EP 2 194 232 A2 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 9. Juni 2010 (2010-06-09) Anspruch 1; Abbildungen 1-6 -----	1,4
A	EP 2 458 148 A1 (SIEMENS AG [DE]) 30. Mai 2012 (2012-05-30) Absatz [0031] - Absatz [0032]; Abbildungen 1-5 -----	1,4,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/064288

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5772397	A	30-06-1998	KEINE
GB 2349920	A	15-11-2000	DE 19921644 A1 16-11-2000 GB 2349920 A 15-11-2000 US 6347923 B1 19-02-2002
EP 0230917	A2	05-08-1987	DE 3789514 D1 11-05-1994 DE 3789514 T2 29-09-1994 EP 0230917 A2 05-08-1987 JP H0418121 B2 26-03-1992 JP S62271902 A 26-11-1987 US 4786233 A 22-11-1988
EP 0034961	A1	02-09-1981	DE 3166389 D1 08-11-1984 EP 0034961 A1 02-09-1981 FR 2476207 A1 21-08-1981 JP S6326242 B2 28-05-1988 JP S56159507 A 08-12-1981
EP 1239120	A2	11-09-2002	DE 60208977 T2 27-07-2006 EP 1239120 A2 11-09-2002 US 2002127095 A1 12-09-2002
EP 1762700	A2	14-03-2007	EP 1762700 A2 14-03-2007 US 2007059177 A1 15-03-2007
EP 0992655	A2	12-04-2000	DE 19846332 A1 13-04-2000 EP 0992655 A2 12-04-2000 US 6343474 B1 05-02-2002
US 5536143	A	16-07-1996	DE 69612319 D1 10-05-2001 DE 69612319 T2 02-05-2002 EP 0735240 A1 02-10-1996 IN 186935 A1 15-12-2001 JP 3894974 B2 22-03-2007 JP H08319803 A 03-12-1996 KR 100393725 B1 03-11-2003 US 5536143 A 16-07-1996
EP 2194232	A2	09-06-2010	DE 102008060424 A1 10-06-2010 EP 2194232 A2 09-06-2010 US 2010143140 A1 10-06-2010
EP 2458148	A1	30-05-2012	CN 103119246 A 22-05-2013 EP 2458148 A1 30-05-2012 EP 2569513 A1 20-03-2013 US 2013239541 A1 19-09-2013 WO 2012069273 A1 31-05-2012