

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 597 265 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

29.05.2013 Patentblatt 2013/22

(51) Int Cl.:

F01D 5/22 (2006.01)**F01D 5/26** (2006.01)**F01D 11/22** (2006.01)**F01D 11/20** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **11190939.6**(22) Anmeldetag: **28.11.2011**

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

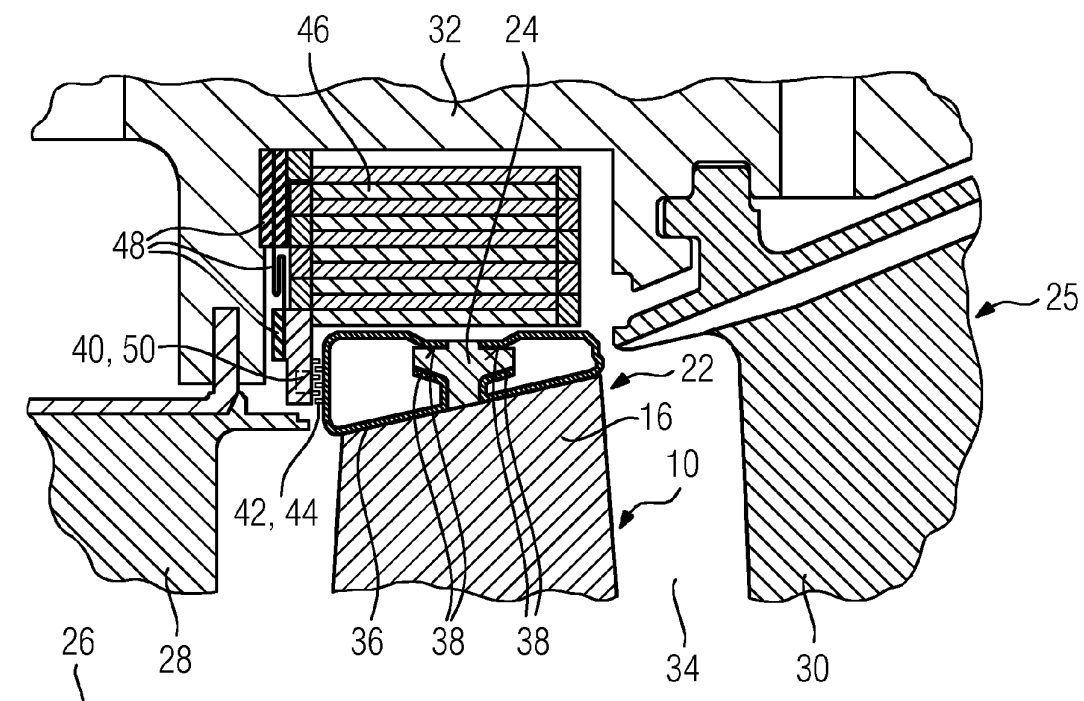
(72) Erfinder:

- **Ahmad, Fathi**
41564 Kaarst (DE)
- **Goßmann, Otmar**
51766 Engelskirchen (DE)
- **Hein, Olaf**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **Lerner, Christian**
46282 Dorsten (DE)

(54) **Laufschaufel für eine axial durchströmbare Turbomaschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Laufschaufel (10) für eine axial durchströmbare Turbomaschine und einen Rotor, bei dem die Laufschaufel (10) entlang einer Längserstreckung aufeinanderfolgend einen Schaufelfuß (12), eine Plattform (14) und eine daran angeordnetes aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt (16) mit einer Schaufelblattspitze (22) umfasst, welche Schaufelblattspitze (22) deckbandfrei ist. Um einen Rotor mit Lauf-

schaufeln anzugeben, dessen Schaufeln besonders wenig zum Schwingen neigen bzw. deren Schwingungsbewegung besonders wirksam gedämpft werden kann, ist vorgesehen, dass an der Schaufelblattspitze (22) ein Element (24) zur Bildung einer Reibverbindung vorgesehen ist, und dass ein alle Schaufelblattspitzen (22) umgreifender Ring (36) vorgesehen ist, in welche die Elemente (24) jeder Laufschaufel (10) reibschlüssig eingreifen.

FIG 2**EP 2 597 265 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laufschaufel für eine axial durchströmbare Turbomaschine, welche entlang einer Längserstreckung aufeinanderfolgend einen Schaufelfuß eine Plattform und ein daran angeordnetes aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt mit einer Schaufelblattspitze umfasst, welche Schaufelblattspitze deckbandfrei ist.

[0002] Aus dem umfangreichen Stand der Technik sind unterschiedlichste Laufschaufeln für axial durchströmbare Turbomaschinen bekannt. Je nach Ausgestaltung der Turbomaschine - entweder als Verdichter, Dampf- oder Gasturbine - werden entweder freistehende Laufschaufeln oder auch sogenannte Deckbandschaufeln für einen Laufschaufelkranz verwendet. Freistehende Laufschaufeln kennzeichnen sich durch ein Schaufelblatt, welches radial außen frei endet. Dagegen weisen Deckbandschaufeln am radial äußeren Rand des Schaufelblatts eine integrale Plattform auf, welche den Strömungskanal in diesem Abschnitt radial außen begrenzt. Dieser Ausgestaltung von Laufschaufeln wird besonders häufig bei vergleichsweise großen Schaufelblättern eingesetzt, da diese vergleichsweise anfällig sind in Bezug auf Schwingungsanregungen durch die am Schaufelblatt vorbei gleitende Strömung. Um die Schwingungsanregung von Deckbandschaufeln zu begrenzen ist es bekannt, dass die Deckbänder benachbarter Laufschaufeln unter Spannung aneinander liegen und somit eine Kontakt- bzw. Reibfläche aufweisen, die auftretende Schaufelblattschwindungen wirksam dämpfen. Bei freistehenden Laufschaufeln erfolgt die Dämpfung der Schwingungen zumeist mit Hilfe von sogenannten Dämpferdrähten, die schaufelfußseitig oder nabenseitig angesiedelt sind.

[0003] Um das Schwingungsverhalten von freistehenden Laufschaufeln zu beeinflussen ist zudem bekannt, Schaufelblätter mechanisch nachzubearbeiten, um somit einerseits die Steifigkeit des Schaufelblatts und andererseits die Gewichtsverteilung zu Gunsten einer geringeren Schwingungsneigung zu verändern.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung eines Rotors einer Turbomaschine und einer Laufschaufel für eine axial durchströmbare Turbomaschine, welche verwendet am Rotor der Turbomaschine eine geringere Schwingungsneigung aufweist als die bisher im Stand der Technik bekannte Laufschaufel.

[0005] Diese Aufgabe wird mit einer Laufschaufel gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 und mit einem Rotor gemäß den Merkmalen des Anspruchs 3 gelöst.

[0006] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass eine deckbandfreie Laufschaufel an der Schaufelblattspitze ein Element zur Bildung einer Reibverbindung aufweist und dass alle Schaufelblattspitzen eines Laufschaufelkranzes des Rotors einer Turbomaschine von einem Ring umgriffen werden, in welchen die Elemente jeder Laufschaufel reibschlüssig eingreifen.

[0007] Mit anderen Worten: ein erfindungsgemäßer Laufschaufelkranz eines Rotors einer Turbomaschine ist

mit einem separat von den Laufschaufeln gefertigten Deckbandring ausgestattet, in dem vorzugsweise hammerförmig oder hakenförmig ausgebildete Elemente reibschlüssig eingreifen. Aufgrund der strukturellen Trennung von Laufschaufeln und Deckband als zwei separat hergestellte Komponenten ist es möglich, den Ring vorzugsweise als umlaufendes Leichtbau-Ringprofil auszugestalten. Im Zuge dessen ist nur das an der Schaufelblattspitze vorgesehene Element ein Teil der Laufschaufel und somit monolithisch mit dieser verbunden. Die Kontaktfläche zwischen dem Element und dem Ring bildet dann eine Reibfläche, die geeignet ist, dass Schwingungsverhalten der Laufschaufel positiv zu beeinflussen. Weiter noch kann die Behinderung der Schwingung der Laufschaufel bzw. des Schaufelblattes der Laufschaufel durch die Einbringung von Formelementen in die Reibfläche (z.B. Nocken) weiter erhöht werden. Um den Verschleiß der Reibflächen in vertretbaren Grenzen zu halten, kann hier eine entsprechende Beschichtung vorzugsweise vorgesehen sein. Ein besonderer Vorteil der vorgeschlagenen Ausgestaltung ist, dass mit Hilfe des modularen Aufbaus auch der Einsatz eines stark verwundenen Schaufelblatts möglich ist. Insbesondere ermöglicht diese Ausgestaltung, dass das Schaufelblatt sich auch unter dem Einfluss der Fliehkraft weiter verdrehen kann, was bei einer Laufschaufel mit integralem Deckband zu mechanischen Spannungen führen würde. Um die Umströmung des Rings und somit Radialspaltverluste zu vermeiden, ist es sogar möglich, dass an der radial äußeren Mantelfläche des Ringprofils zusätzliche Dichtspitzen vorgesehen sein können.

[0008] Ein einfacherer Zusammenbau des Rotors wird erreicht, wenn der Ring axial geteilt ist. Dies ermöglicht die Montage und Demontage einzelner Schaufeln.

[0009] Besonders bevorzugt ist die Ausgestaltung, bei der das Ringprofil in axialer Richtung durch eine zentrale Fixierung zusätzlich gegen eine Bewegung in axialer Richtung gesichert ist. Diese Begrenzung der Bewegung in axialer Richtung ist wichtig für die Funktion der Dichtspitzen. Darüber hinaus kann sich die zentrale Fixierung auch positiv auf das Schwingungsverhalten der Laufschaufel auswirken.

[0010] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, dass das Gewicht des Rings vergleichsweise gering ist, verglichen mit konventionellen integralen Deckbändern. Dies reduziert die mechanische Belastung in den Laufschaufeln und auch in deren Schaufelfüßen, so dass sowohl die Laufschaufel selber als auch die die Laufschaufel tragende Einheit - zumeist eine Rotorscheibe - geringer Fliehkraft belastet ist. Für den seltenen Fall, falls die Fliehkraft, die auf das Ringprofil einwirkt, nicht ausreicht, um eine entsprechend hohe Reibkraft zu produzieren, kann im Bedarfsfall zusätzlich noch ein Federelement eingebaut werden.

[0011] Weiter bevorzugt ermöglicht das Ringprofil den Einsatz mehrerer axialer Dichtspitzen, um einen Axialspalt zu einer gegenüberliegenden Seitenwand abzdichten und Leckagen vom Arbeitsmedium zu vermei-

den.

[0012] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist der Ring segmentiert und von den Elementen gehalten, was eine einfache Montage und Demontage des Rings ermöglicht.

[0013] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels in der Figurenbeschreibung näher erläutert.

Figur 1 zeigt in perspektivischer Darstellung eine Laufschaufel für eine axial durchströmbare Turbomaschine,

Figur 2 einen Längsschnitt durch eine Turbomaschine im axialen Abschnitt eines erfindungsge-
mäßigen Laufschaufelkranzes.

[0014] In allen Figuren sind identische Merkmale mit identischen Bezugszeichen versehen.

[0015] In der Figur 1 ist eine Turbinenlaufschaufel 10 für eine axial durchströmte Turbomaschine perspektivisch dargestellt. Die Turbinenlaufschaufel 10 umfasst aufeinanderfolgend einen Schaufelfuß 12, eine innere Plattform 14, sowie ein daran angeordnetes Schaufelblatt 16. Das Schaufelblatt 16 ist aerodynamisch gekrümmt und endet an einer Schaufelblattspitze 22. An der Schaufelblattspitze ist kein Deckband vorgesehen, d.h. sie ist deckbandfrei. An die Schaufelblattspitze 22 schließt sich monolithisch ein Element 24 an, welches in der Seitenansicht hammerförmig ausgestaltet ist. Das hammerförmige Element 24 kann auch als Hakenelement bezeichnet werden.

[0016] Figur 2 zeigt einen Ausschnitt durch den Längsschnitt einer Turbomaschine 25. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Turbomaschine 25 als Gasturbine ausgestaltet, wobei die Lage des Ausschnitts so gewählt ist, dass dieser die Leitschaufeln der ersten und zweiten Turbinenstufe sowie den axial dazwischen angeordneten Laufschaufelkranz der ersten Turbinenstufe darstellt. Um eine Maschinenachse 26 ist der nicht weiter dargestellte Rotor, an dem die Laufschaufeln 10 befestigt sind, drehbar. Die Leitschaufel der ersten Turbinenstufe ist mit dem Bezugszeichen 28 versehen, die der zweiten Turbinenstufe mit dem Bezugszeichen 30. Die Leitschaufeln 28, 30 sind an einem Leitschaufelträger 32 befestigt. Der Leitschaufelträger 32 ist im Querschnitt kreisförmig ausgestaltet, so dass strahlenartig nach innen je Leitschaufelkranz eine Vielzahl von Leitschaufeln 28, 30 sind, die sich durch einen im Querschnitt ringförmigen Heißgas-
kanal 34 nach innen erstrecken. Ebenso strahlenartig sind die in Figur 1 gezeigten Laufschaufeln 10 an einer Trägerstruktur des Rotors, beispielsweise einer Turbinenscheibe, befestigt. Zudem ist ein alle Schaufelblattspitzen 22 umgreifender Ring 36 vorgesehen, in welchen die Elemente 24 jeder Laufschaufel 10 reibschlüssig und formschlüssig eingreifen. Die Reibflächen sind mit dem Bezugszeichen 38 gekennzeichnet. Gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Ring 36 als umlaufendes, hohles Leichtbau-Ringprofil ausgestaltet. Dem Ring 36

liegt stromauf einer Heißgasströmungsrichtung axialspaltbildend eine drehfeste Seitenwand 40 gegenüber. Im Axialspalt 42 ist eine Dichtung in Form eines Axial-Labyrinths 44 vorgesehen, um Verluste von Heißgas durch den Axialspalt 42 zu vermeiden. Die Seitenwand 40 ist über eine thermomechanische Einheit 46 axial beweglich am Leitschaufelträger 32 befestigt. Zudem ist eine sich über den gesamten Umfang erstreckende Abdichtung 48 vorgesehen, die der Axialbewegung der Seitenwand 40 folgen kann.

[0017] Während des Betriebs der gezeigten Turbomaschine dreht sich der Ring 36 mit den Laufschaufeln 10 mit. Sofern einige der Laufschaufeln 10 durch Strömungseinflüsse zum Schwingen angeregt werden, bewegt sich deren Element 24 dann relativ zum Ring 36, wobei währenddessen an den Kontaktflächen 38 eine Reibung entsteht, die die Schwingungsenergie dissipiert. Damit werden ungewünschte Schwingungszustände von Laufschaufeln 10 gedämpft, was einen sicheren Betrieb der Turbomaschine gewährleistet. Mit Hilfe des Axial-Labyrinths 44, der Abdichtung 48 und der thermomechanischen Verstelleinheit 46 ist es zudem möglich, Leckagen von Heißgas durch den Axialspalt 42 und eine etwaige Durchströmung des Spalts zwischen Ring 36 und thermomechanischer Verstelleinheit 46 zu minimieren. Ferner kann in der Seitenwand 40 ein Abstandssensor 50 vorgesehen sein, so dass das axiale Labyrinth 44 in Abhängigkeit von dem Betriebszustand positioniert werden kann. Beispielsweise kann während transienten Betriebszuständen die Seitenwand 40 weitestgehend zurückgezogen in einer Parkposition verharren, was Beschädigungen am Axial-Labyrinth 44 vermeidet. Nach Erreichen eines stabilen Betriebspunkts kann die Seitenwand 40 axial bis auf einen möglichst engen Spalt an den Ring 36 herangefahren werden. Dabei kann der Abstand zwischen Seitenwand und Ring 36 durch eine Einrichtung zur kapazitiven Abstandsmessung ermittelt werden.

[0018] Eine alternative Möglichkeit dazu, den einzustellenden Axialspalt 42 auf ein Minimum zu reduzieren, sieht vor, dass die Seitenwand 40 an den Ring 36 herangefahren wird, bis es zu einem elektrischen Kontakt kommt. Wenn es beim minimalen Abstand zu einem Funkenüberschlag kommt, kann diese Position gehalten werden. Wenn erst bei Berührung elektrischer Strom fließt, muss anschließend die Seitenwand 40 entsprechend wieder zurück gezogen werden, um einen zu hohen Verschleiß zu verhindern.

[0019] Insgesamt wird mit der Erfindung eine Laufschaufel 10 für eine axial durchströmbare Turbomaschine und einen Rotor dafür angegeben, bei dem die Laufschaufel 10 entlang einer Längserstreckung aufeinanderfolgend einen Schaufelfuß 12, eine Plattform 14 und eine daran angeordnetes aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt 16 mit einer Schaufelblattspitze 22 umfasst, welche Schaufelblattspitze 22 deckbandfrei ist. Um einen Rotor mit Laufschaufeln anzugeben, dessen Schaufeln besonders wenig zum Schwingen neigen bzw.

deren Schwingungsbewegung besonders wirksam gedämpft werden kann, ist vorgesehen, dass an der Schaufelblattspitze 22 ein Element 24 zur Bildung einer Reibverbindung vorgesehen ist, und dass ein alle Schaufelblattspitzen 22 umgreifender Ring 36 vorgesehen ist, in welche die Elemente 24 jeder Laufschaufel 10 reibschlüssig eingreifen.

8. Turbomaschine (25) nach Anspruch 6 oder 7, mit einer Messvorrichtung zur Erfassung des Axialspaltmaßes.

Patentansprüche

1. Laufschaufel (10) für eine axial durchströmbare Turbomaschine (25),
welche entlang einer Längserstreckung aufeinanderfolgend einen Schaufelfuß (12) einer Plattform (14) und ein daran angeordnetes aerodynamisch gekrümmtes Schaufelblatt (16) mit einer Schaufelblattspitze (22) umfasst, welche Schaufelblattspitze (22) deckbandfrei ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
an der Schaufelblattspitze (22) ein Element (24) zur Bildung einer Reibverbindung vorgesehen ist.
2. Laufschaufel (10) nach Anspruch 1, bei der das Element (24) hammerförmig profiliert ist.
3. Rotor für eine Turbomaschine (25),
mit einer Vielzahl von in mindestens einem Kranz angeordneten Laufschaufeln (10) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein alle Schaufelblattspitzen (22) umgreifender Ring (36) vorgesehen ist, in welchen die Elemente (24) jeder Laufschaufel (10) reibschlüssig eingreifen.
4. Rotor nach Anspruch 3,
bei dem der Ring (36) segmentiert und/oder axial geteilt und von den Elementen (24) gehalten ist.
5. Rotor nach Anspruch 3 oder 4,
mit Laufschaufeln (10) nach Anspruch 2,
bei dem der Ring (36) als umlaufendes Leichtbau-Ringprofil ausgestaltet ist.
6. Turbomaschine (25),
mit einem sich axial erstreckenden Strömungspfad für ein Strömungsmedium,
mit einem Rotor nach einem der Ansprüche 3 bis 5 und mit einer den Strömungspfad außen begrenzenden Wandabschnitt, dessen Seitenwand (40) dem Ring (36) axialspaltbildend gegenüberliegt,
dadurch gekennzeichnet, dass
dass zwischen Seitenwand (40) und Ring (36) eine Labyrinthdichtung vorgesehen ist.
7. Turbomaschine (25) nach Anspruch 6,
bei der die Seitenwand (40) axialverschieblich gelagert ist.

FIG 1

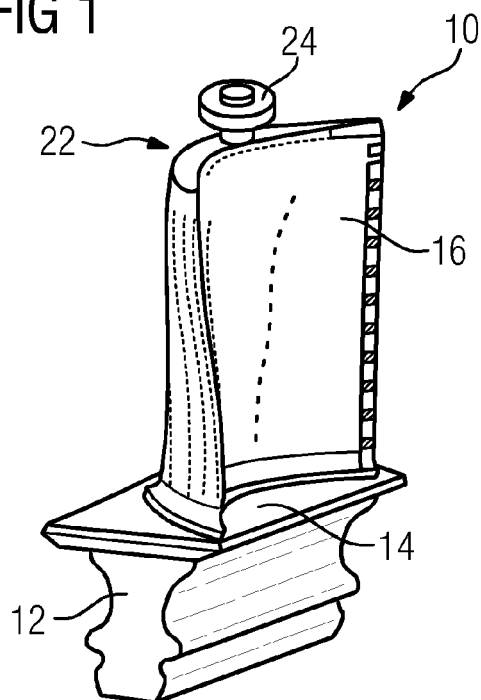
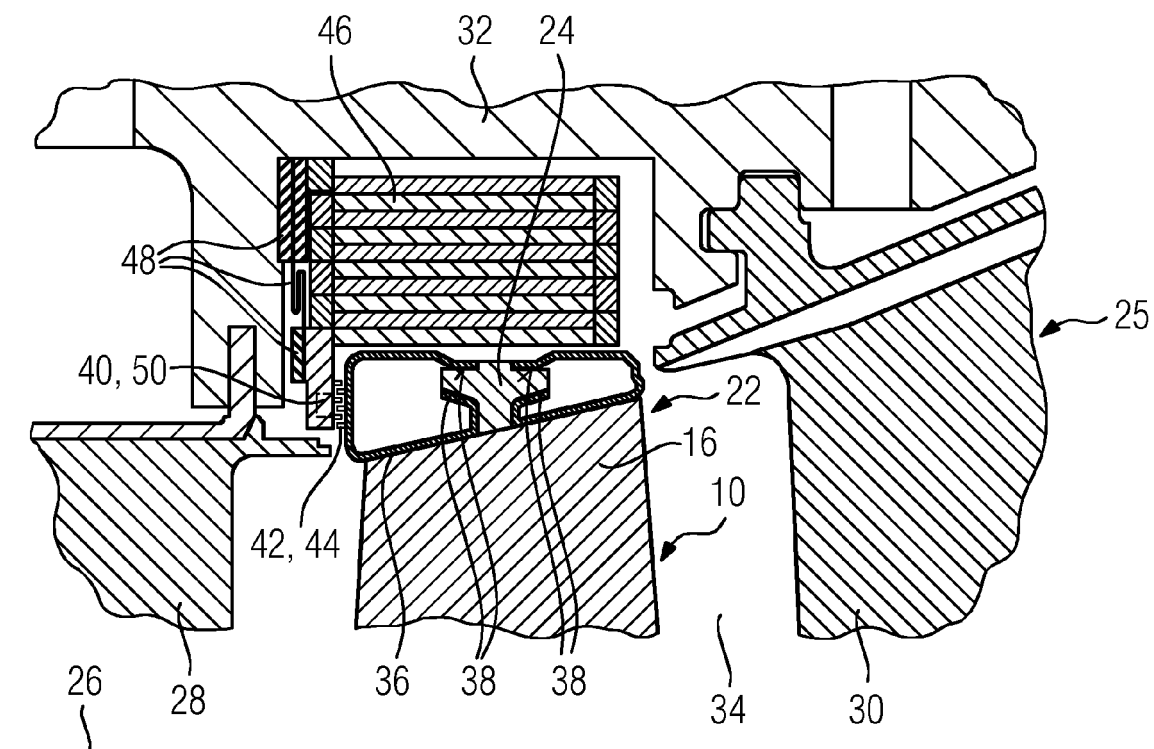


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 19 0939

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 4 482 297 A (MOSIMANN JOHN G [US] ET AL) 13. November 1984 (1984-11-13)	1-5	INV. F01D5/22 F01D5/26 F01D11/22 F01D11/20
Y	* Zusammenfassung * * Spalte 3, Zeile 64 - Spalte 4, Zeile 50 * * Spalte 5, Zeile 10 - Zeile 16 * * Abbildung 2 *	6-8	
X	EP 2 182 174 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 5. Mai 2010 (2010-05-05)	1-5	
Y	* Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeile 35 - Zeile 40 * * Abbildungen *	6-8	
X	US 5 133 643 A (ORTOLANO RALPH J [US]) 28. Juli 1992 (1992-07-28)	1	
Y	EP 1 746 256 A1 (SIEMENS AG [DE]) 24. Januar 2007 (2007-01-24)	6-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	EP 1 243 756 A1 (SIEMENS AG [DE]) 25. September 2002 (2002-09-25)	6-8	F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. Juli 2012	Prüfer Mielimonka, Ingo
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	

1

EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

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

EP 11 19 0939

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.

03-07-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4482297 A	13-11-1984	KEINE	
EP 2182174 A2	05-05-2010	EP 2182174 A2	05-05-2010
		JP 2010106830 A	13-05-2010
		RU 2009139894 A	10-05-2011
		US 2010104427 A1	29-04-2010
US 5133643 A	28-07-1992	KEINE	
EP 1746256 A1	24-01-2007	KEINE	
EP 1243756 A1	25-09-2002	CN 1378036 A	06-11-2002
		EP 1243756 A1	25-09-2002
		JP 2002349210 A	04-12-2002
		US 2002150469 A1	17-10-2002

EPO FORM P0461

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