

(19)



(11)

EP 3 239 467 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.11.2017 Patentblatt 2017/44

(51) Int Cl.:
F01D 5/28 (2006.01) F01D 11/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16167263.9**

(22) Anmeldetag: **27.04.2016**

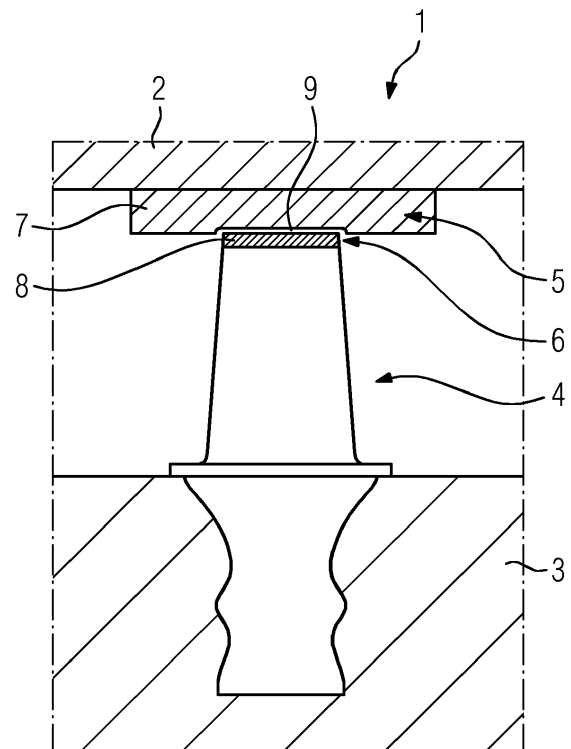
(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

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

(72) Erfinder:
• **Ahmad, Fathi**
41564 Kaarst (DE)
• **Stamm, Werner**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **Häbel, Roland**
51427 Bergisch Gladbach (DE)

(54) **STRÖMUNGSMASCHINE, LAUSCHAUFEL UND GEHÄUSE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine (1), insbesondere Gasturbine, mit einem Gehäuse (2) und einem darin aufgenommen, sich in Längsrichtung (L) des Gehäuses (2) erstreckenden Läufer (3), an dem zumindest ein eine Vielzahl von Laufschaufeln (4) aufweisender Laufschaufelkranz angeordnet ist, wobei ein den zumindest einen Laufschaufelkranz umfänglich umgebender Bereich des Gehäuses (2) mit einem Einlaufbelag (5) und die diesem zugewandten Schaufelblattspitzen der Laufschaufeln (4) jeweils mit einer Laufschaufelbeschichtung (6) versehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (5) eine HHP-Beschichtung (7) und die Laufschaufelbeschichtungen (6) jeweils eine MCC-Beschichtung (8) aufweisen. Ferner betrifft die Erfindung eine Laufschaufel (4) mit einer solchen Laufschaufelbeschichtung (6) sowie ein Gehäuse (2) mit einem solchen Einlaufbelag (5).



EP 3 239 467 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine, mit einem Gehäuse und einem darin aufgenommen, sich in Längsrichtung des Gehäuses erstreckenden Läufer, an dem zumindest ein eine Vielzahl von Laufschaufeln aufweisender Laufschaufelkranz angeordnet ist, wobei ein den zumindest einen Laufschaufelkranz umfänglich umgebender Bereich des Gehäuses mit einem Einlaufbelag und die diesem zugewandten Schaufelblattspitzen der Laufschaufeln jeweils mit einer Laufschaufelbeschichtung versehen sind. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Laufschaufel mit einer solchen Laufschaufelbeschichtung sowie ein Gehäuse mit einem solchen Einlaufbelag.

[0002] Der Wirkungsgrad von Strömungsmaschinen ist unmittelbar abhängig von demjenigen Anteil des durch das Gehäuse der Strömungsmaschine geleiteten Fluidstroms, der die Laufschaufeln antreibt. Wird ein zwischen dem ortsfesten Gehäuse und den rotierenden Laufschaufeln vorhandener Spalt zu groß, so kommt es zu Leckageverlusten, die eine Reduzierung des Wirkungsgrads der Strömungsmaschine bewirken. Derzeit gibt es unterschiedliche Ansätze, eine Fluidleckage aufgrund eines zwischen dem Gehäuse und den Laufschaufeln vorhandenen Spalts zu verringern. Einer dieser Ansätze besteht darin, das Gehäuse in einem einen Laufschaufelkranz umfänglich umgebenden Bereich mit einem Einlaufbelag und die diesem Einlaufbelag zugewandten Schaufelblattspitzen der Laufschaufel jeweils mit einer Laufschaufelbeschichtung zu versehen, wobei die Einlaufbeschichtung weniger verschleißfest als die Laufschaufelbeschichtungen ausgebildet ist. Berühren der Einlaufbelag und die Laufschaufelbeschichtungen während des bestimmungsgemäßen Betriebs der Strömungsmaschine einander, so soll der Einlaufbelag unter Einstellung einer optimalen Spaltbreite abgerieben und die Schaufelblattspitzen durch die Laufschaufelbeschichtungen vor einem Verschleiß geschützt werden.

[0003] Untersuchungen haben allerdings ergeben, dass mit bislang vorgeschlagenen Reibpaarungen von Einlaufbelag und Laufschaufelbeschichtungen insbesondere ein Verschleiß der Schaufelblattspitzen der Laufschaufeln nicht hinreichend verhindert werden kann, weshalb die Lebensdauer der Laufschaufeln weiterhin relativ gering ist, was zu kurzen Wartungs- und Reparaturintervallen führt. Darüber hinaus wird der Spalt durch den unerwünschten Verschleiß an der Laufschaufelspitze vergrößert, was zu einer Erhöhung der Leckageverluste beiträgt. Auch sind die bislang verwendeten Reibpaarungen aus Einlaufbelag und Laufschaufelbeschichtungen sehr teuer.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Strömungsmaschine der eingangs genannten Art mit einem alternativen Aufbau zu schaffen, ebenso wie eine entsprechende Laufschaufel und ein entsprechendes Strömungsmaschinengehäuse.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe schafft die vorliegende Erfindung eine Strömungsmaschine der eingangs genannten Art, die dadurch gekennzeichnet ist, dass der Einlaufbelag eine HHP-Beschichtung und die Laufschaufelbeschichtungen jeweils eine MCC-Beschichtung aufweisen. Dank dieser spezifischen Paarung werden optimale Ergebnisse erzielt. Während die HHP-Beschichtung (Homogeneous High Porosity Coating) aufgrund ihrer hohen Porosität leicht abreibbar ist, zeichnet sich die segmentiert gerissene MCC-Beschichtung (Micro Cracked Coating), die sich quer bzw. vertikal zur Beschichtung erstreckende Haarrisse aufweist, dadurch aus, dass sie dicht, hart und schwierig abzutragen ist, wodurch einer Beschädigung der Laufschaufelspitzen effektiv entgegengewirkt wird. Entsprechend wird die Lebensdauer der Laufschaufeln erhöht, was dazu führt, dass Wartungs- und Reparaturintervalle verlängert werden. Darüber hinaus werden auch Leckageverluste minimiert, die auf eine Spaltvergrößerung aufgrund eines Verschleißes der Laufschaufelspitzen zurückzuführen sind. Zudem sind sowohl HHP- als auch MCC-Beschichtungen vergleichsweise einfach und preiswert herzustellen, beispielsweise unter Einsatz eines LPPS-Verfahrens (Low Pressure Plasma Spray), eines PVD-Verfahrens (Physical Vapor Deposition), eines HVOF-Verfahrens (High Velocity Oxy-Fuel) oder dergleichen.

[0006] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sind die HHP-Beschichtung und die MCC-Beschichtungen einander unmittelbar gegenüberliegend angeordnet, so dass sie eine direkte Reibpaarung bilden.

[0007] Vorteilhaft ist/sind die HHP-Beschichtung und/oder die MCC-Beschichtung aus 8YSZ (Yttria-stabilised Zirconia) hergestellt, wobei zum Auftragen der Beschichtungen unterschiedliche Beschichtungsverfahren beziehungsweise Prozessparameter verwendet werden.

[0008] Die MCC-Beschichtungen weisen bevorzugt Metalloxide und/oder Metallcarbid und/oder Nitride auf, wodurch eine hohe Festigkeit sichergestellt ist.

[0009] Die Dicke der HHP-Beschichtung liegt vorteilhaft im Bereich zwischen 0,4 mm bis 1,4 mm und/oder die Dicke der MCC-Beschichtung beträgt maximal 0,1 mm. Mit dieser Beschichtungsstärke wurden sehr gute Resultate erzielt.

[0010] Zur Lösung der eingangs genannten Aufgabe schafft die vorliegende Erfindung ferner eine Laufschaufel mit einem Schaufelblatt, das an seiner Schaufelblattspitze mit einer Laufschaufelbeschichtung versehen ist, wobei die Laufschaufelbeschichtung erfindungsgemäß eine MCC-Beschichtung aufweist, die insbesondere eine Außenfläche der Laufschaufelbeschichtung definiert die zuvor bereits beschriebenen weiteren Merkmale aufweisen kann.

[0011] Darüber hinaus schafft die vorliegende Erfindung ein Gehäuse für eine Strömungsmaschine, das an seiner Innenseite mit zumindest einem umlaufenden Einlaufbelag versehen ist, wobei der Einlaufbelag eine HHP-

Beschichtung aufweist, die insbesondere eine Außenfläche des Einlaufbelags definiert und die zuvor bereits beschriebenen weiteren Merkmale aufweisen kann.

[0012] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden Beschreibung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung deutlich, die eine schematische, teilweise geschnittene Teilansicht der Strömungsmaschine zeigt.

[0013] Die Strömungsmaschine 1, bei der es sich vorliegend um eine Gasturbine handelt, umfasst ein Gehäuse 2 und einen in diesem aufgenommen, sich in Längsrichtung L des Gehäuses 2 erstreckenden Läufer 3, an dem eine Vielzahl von Laufschaufeln 4 angeordnet ist, die in bekannter Weise mehrere Laufschaufelstufen bilden, die Längsrichtung L voneinander beabstandet angeordnet sind. Die Laufschaufeln 4 umfänglich umgebende Bereiche des Gehäuses 2 sind jeweils mit einem Einlaufbelag 5 und die den Einlaufbelägen 5 zugewandten Schaufelblattspitzen der Laufschaufeln 4 jeweils mit einer Laufschaufelbeschichtung 6 versehen. Erfindungsgemäß weisen die Einlaufbeläge 5 jeweils eine HHP-Beschichtung 7 auf, und die Laufschaufelbeschichtungen 6 umfassen jeweils eine MCC-Beschichtung 8, wobei die HHP-Beschichtungen 7 und die MCC-Beschichtungen 8 bevorzugt direkte Reibpaarungen bilden, also radial einander unmittelbar gegenüber angeordnet sind. Die HHP-Beschichtungen 7 ebenso wie die MCC-Beschichtungen 8 sind vorliegend aus 8 YSZ hergestellt, wobei während des Auftragens der HHP-Beschichtungen 7 einerseits und der MCC-Beschichtungen 8 andererseits unterschiedliche Beschichtungsverfahren oder zumindest unterschiedliche Prozessparameter verwendet werden. Die MCC-Beschichtungen 7 weisen vorteilhaft Metalloxide und/oder Metallcarbid und/oder Nitride auf.

[0014] Der wesentliche Vorteil der dargestellten Anordnung besteht darin, dass HHP-Beschichtungen 7 und MCC-Beschichtungen 8 eine optimale Reibpaarung für die Ausbildung eines leakageverlustarmen Spaltes 9 zwischen Gehäuse 2 und Laufschaufeln 4 darstellen, welche die Ausbildung eines minimalen Spaltes 9 unterstützt, einen geringen Verschleiß der Laufschaufelspitzen nach sich zieht und mit geringen Kosten einhergeht.

[0015] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sei darauf hingewiesen, dass, auch wenn im Ausführungsbeispiel die Einlaufbeläge 5 jeweils aus einer HHP-Beschichtung 7 und die Laufschaufelbeschichtungen 6 jeweils aus einer MCC-Beschichtung 8 bestehen, die Einlaufbeläge 5 und/oder die Laufschaufelbeschichtungen 6 auch weitere Schichten aufweisen kann.

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine (1), insbesondere Gasturbine, mit einem Gehäuse (2) und einem darin aufgenommen, sich in Längsrichtung (L) des Gehäuses (2) erstreckenden Läufer (3), an dem zumindest ein eine Vielzahl von Laufschaufeln (4) aufweisender Laufschaufelkranz angeordnet ist, wobei ein den zumindest einen Laufschaufelkranz umfänglich umgebender Bereich des Gehäuses (2) mit einem Einlaufbelag (5) und die diesem zugewandten Schaufelblattspitzen der Laufschaufeln (4) jeweils mit einer Laufschaufelbeschichtung (6) versehen sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (5) eine HHP-Beschichtung (7) und die Laufschaufelbeschichtungen (6) jeweils eine MCC-Beschichtung (8) aufweisen.
2. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die HHP-Beschichtung (7) und die MCC-Beschichtungen (8) einander unmittelbar gegenüberliegend angeordnet sind.
3. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die HHP-Beschichtung (7) und/oder die MCC-Beschichtung aus 8 YSZ hergestellt ist/sind.
4. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die MCC-Beschichtungen (8) Metalloxide und/oder Metallcarbid und/oder Nitride aufweisen.
5. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke der HHP-Beschichtung (7) im Bereich zwischen 0,4 mm bis 1,4 mm liegt und/oder die Dicke der MCC-Beschichtung (8) maximal 0,15 mm beträgt.
6. Laufschaufel (4) mit einem Schaufelblatt, das an seiner Schaufelblattspitze mit einer Laufschaufelbeschichtung (6) versehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufschaufelbeschichtung (6) eine MCC-Beschichtung (8) aufweist, die insbesondere eine Außenfläche der Laufschaufelbeschichtung (6) definiert.
7. Gehäuse (2) für eine Strömungsmaschine (1), das an seiner Innenseite mit zumindest einem umlaufenden Einlaufbelag (5) versehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (5) eine HHP-Beschichtung (7) auf-

weist, die insbesondere eine Außenfläche des Einlaufbelags (5) definiert.

5

10

15

20

25

30

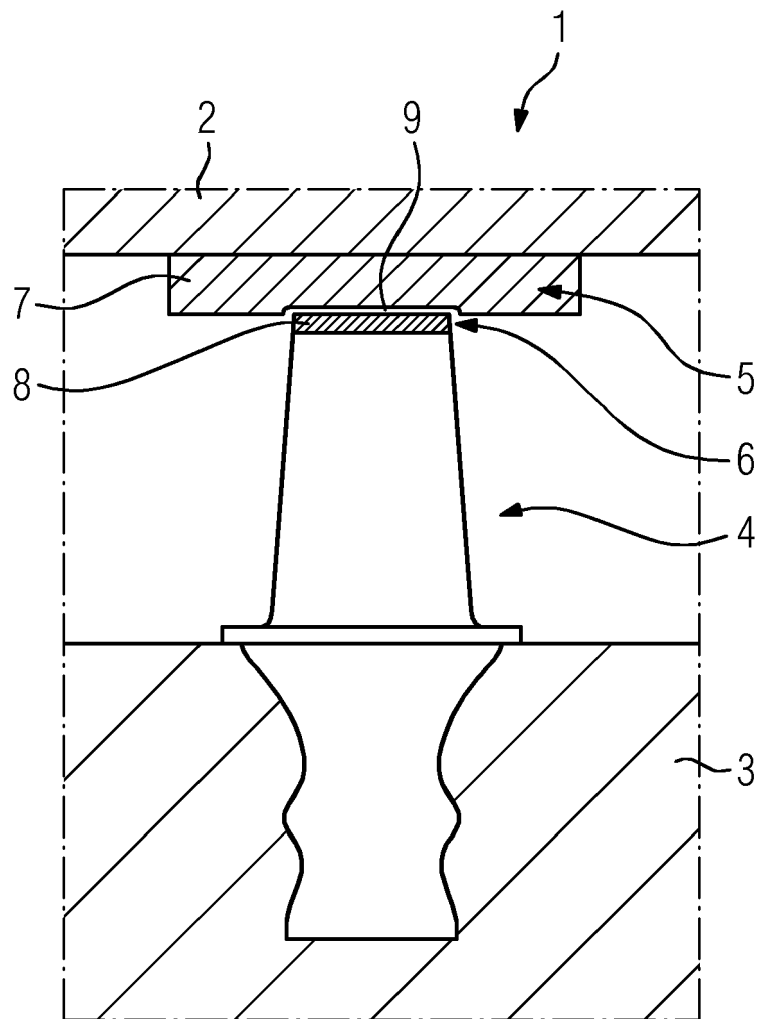
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 16 7263

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2005/071228 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]; DAEUBLER MANFRED A [DE]; SCHWEITZER KLAUS) 4. August 2005 (2005-08-04)	7	INV. F01D5/28 F01D11/12
Y	* Seite 5, Absatz 3; Abbildungen 1,2 * * Seite 6, Absätze 1,4 *	1-5	
X	EP 0 916 744 A2 (SERMATECH INT INC [US]) 19. Mai 1999 (1999-05-19)	6	
Y	* Absätze [0010], [0030], [0039], [0042], [0045] *	1-5	
X	US 5 630 314 A (KOJIMA YOSHITAKA [JP] ET AL) 20. Mai 1997 (1997-05-20)	6	
Y	* Spalte 6, Zeilen 51-60 * * Spalte 10, Zeilen 39-65 *	1,2,4,5	
X	EP 2 063 072 A2 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 27. Mai 2009 (2009-05-27)	7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D C23C
Y	* Absatz [0016] *	1,2,4,5	
X	WO 2007/112783 A1 (SIEMENS AG [DE]; STAMM WERNER [DE]) 11. Oktober 2007 (2007-10-11)	6	
Y	* Seite 8, Zeile 32 - Seite 9, Zeile 12 *		
X	US 2004/156724 A1 (TORIGOE TAIJI [JP] ET AL) 12. August 2004 (2004-08-12)	6	
Y	* Absätze [0056], [0062] *		
X	EP 2 149 623 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 3. Februar 2010 (2010-02-03)	6	
Y	* Absätze [0016], [0017] *		
X	EP 2 905 426 A1 (SIEMENS AG [DE]) 12. August 2015 (2015-08-12)	7	
Y	* Absätze [0002], [0013], [0026] *		
-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Oktober 2016	Prüfer Teusch, Reinhold
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 16 16 7263

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2015/044035 A1 (COTTOM BRENT ALLEN [US] ET AL) 12. Februar 2015 (2015-02-12) * Absätze [0004], [0025], [0032] *	7	
A	DE 10 2011 081323 B3 (SIEMENS AG [DE]) 21. Juni 2012 (2012-06-21) * Anspruch 1 *	1-7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Oktober 2016	Prüfer Teusch, Reinhold
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 Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 16 16 7263

10-10-2016

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.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005071228 A1	04-08-2005	DE 102004002943 A1 WO 2005071228 A1	11-08-2005 04-08-2005
EP 0916744 A2	19-05-1999	CA 2251756 A1 DE 916744 T1 DE 69810875 D1 DE 69810875 T2 EP 0916744 A2 JP 4658273 B2 JP H11222661 A US 5993976 A	18-05-1999 30-12-1999 27-02-2003 24-12-2003 19-05-1999 23-03-2011 17-08-1999 30-11-1999
US 5630314 A	20-05-1997	US 5630314 A US 5840434 A	20-05-1997 24-11-1998
EP 2063072 A2	27-05-2009	DE 102007056452 A1 EP 2063072 A2	28-05-2009 27-05-2009
WO 2007112783 A1	11-10-2007	CN 101611171 A EP 2002030 A2 JP 2009542455 A KR 20080110983 A RU 2008143997 A US 2009311508 A1 WO 2007112783 A1 WO 2007115839 A2	23-12-2009 17-12-2008 03-12-2009 22-12-2008 20-05-2010 17-12-2009 11-10-2007 18-10-2007
US 2004156724 A1	12-08-2004	CA 2451495 A1 CA 2669781 A1 US 2004156724 A1 US 2010062173 A1 WO 02103074 A1	27-12-2002 27-12-2002 12-08-2004 11-03-2010 27-12-2002
EP 2149623 A2	03-02-2010	EP 2149623 A2 JP 2010043351 A US 2010028711 A1	03-02-2010 25-02-2010 04-02-2010
EP 2905426 A1	12-08-2015	EP 2905426 A1 EP 3074608 A1 KR 20160107244 A WO 2015121008 A1	12-08-2015 05-10-2016 13-09-2016 20-08-2015
US 2015044035 A1	12-02-2015	CN 105452530 A US 2015044035 A1 WO 2015021247 A1	30-03-2016 12-02-2015 12-02-2015

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

