

(19)



(11)

EP 2 597 266 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

29.05.2013 Patentblatt 2013/22

(51) Int Cl.:

F01D 5/30 (2006.01)

F01D 11/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11190041.1**

(22) Anmeldetag: **22.11.2011**

(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: **MTU Aero Engines GmbH**

80995 München (DE)

(72) Erfinder:

- **Stanka, Rudolf**
84431 Rattenkirchen (DE)
- **Feldmann, Manfred**
82223 Eichenau (DE)
- **Schill, Manfred**
81827 München (DE)

(54) **Laufschaufel und Strömungsmaschine**

(57) Offenbart ist eine Laufschaufel (1) für eine Strömungsmaschine mit einem Schaufelfuß (2), einem Schaufelblatt (4) und mit einem zwischen dem Schaufelfuß und dem Schaufelblatt angeordneten Schaufelhals (6), der eine innere Plattform (14) bildet, wobei der Schaufelhals eine vordere Dichtwand (30) und eine hintere Dichtwand (32) hat, die mit der Plattform einen dreieckartigen, bevorzugterweise einen dreieckigen Innenraum begrenzen, der sich radial von außen nach innen betrachtet verengt, sowie eine Strömungsmaschine mit einer Vielzahl von derartigen Laufschaufeln.

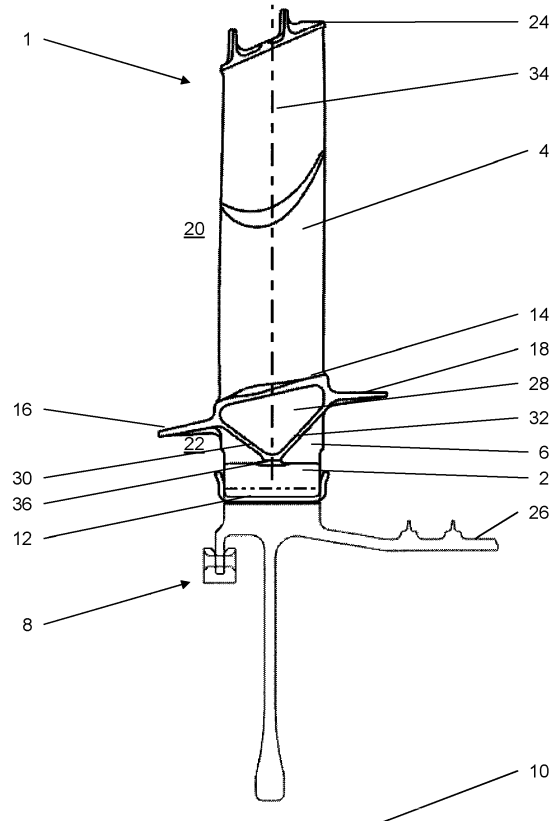


Fig. 1

EP 2 597 266 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laufschaufel für eine Strömungsmaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Strömungsmaschine.

[0002] Laufschaufeln für eine Strömungsmaschine wie ein Flugzeugtriebwerk oder eine stationäre Gasturbine haben einen Schaufelfuß, ein Schaufelblatt sowie einen zwischen dem Schaufelfuß und dem Schaufelblatt angeordneten Schaufelhals bzw. einen Schaufelschaft, der eine innere Plattform bildet. Die Plattform stellt eine radial innere Begrenzung eines Heißgaskanals dar und soll einen radialen Gasaustausch zwischen dem Heißgaskanal und einem nabenseitigen Kühlluftkanal verhindern. Um einen axialen Gasaustausch im Bereich des Kühlluftkanals zwischen benachbarten Laufschaufeln hindurch zu beeinflussen, können im Schaufelhalsbereich jeweils eine vordere Dichtwand und eine hintere Dichtwand angeordnet sein, die sich von der Plattform in Richtung des Schaufelfußes erstrecken und einen Innenraum mit einem mittleren Druckgefälle gegenüber dem Heißgaskanal und dem Kühlluftkanal begrenzen. Eine Laufschaufel mit derartigen Dichtwänden ist bspw. in der deutschen Patentanmeldung DE 10 2009 007 664 A1 gezeigt. Die Dichtwände sind im Bereich der inneren Plattform mit einem abgerundeten oder einem parabolischen Übergangsquerschnitt derart versehen, dass zumindest eine der Dichtwände bezüglich eines Schaufelfußrandes in Richtung einer Radiallängsachse bzw. Hochachse des Schaufelhalses versetzt ist. Da die Dichtwände den Schaufelhals versteifen, können Spannungen an den Schaufelfuß weitergeleitet werden. Gleichzeitig werden Spannungsspitzen, die bspw. durch eine Torsion der Laufschaufel, durch Fliehkräfte oder durch Gaskräfte verursacht werden, am Schaufelfuß reduziert. Allerdings kann sich die Versteifung negativ auf das Anregungsverhalten der Laufschaufel, bspw. bezüglich der Position von Resonanzschwingungen, auswirken.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Laufschaufel für eine Strömungsmaschine zu schaffen, die die vorgenannten Nachteile beseitigt und neben einer reduzierten Biegesteifigkeit ein verbessertes Schwingverhalten aufweist. Des Weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, eine Strömungsmaschine mit einem ruhigen Rotorlauf zu schaffen.

[0004] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Laufschaufel mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7.

[0005] Eine erfindungsgemäße Laufschaufel für eine Strömungsmaschine hat einen Schaufelfuß, ein Schaufelblatt sowie einen zwischen dem Schaufelfuß und dem Schaufelblatt angeordneten Schaufelhals, der eine innere Plattform bildet. Erfindungsgemäß hat der Schaufelhals eine vordere Dichtwand und eine hintere Dichtwand, die mit der Plattform einen dreieckartigen Innenraum begrenzen, der sich radial von außen nach innen verengt.

[0006] Die erfindungsgemäße Laufschaufel zeichnet

sich durch eine reduzierte Biegesteifigkeit im Schaufelhalsbereich aus, da durch die Ausrichtung der Dichtwände eine veränderte Massenverteilung im Bereich des Schaufelhalses erreicht wird. Die Torsionssteifigkeit der Laufschaufel bleibt jedoch erhalten, was sich positiv auf das Schwingverhalten auswirkt.

[0007] Bei einem Ausführungsbeispiel sind die Dichtwände schaufelfußseitig in Richtung der anderen Dichtwand versetzt. Hierdurch kann der Innenraum asymmetrisch ausgebildet sein.

[0008] Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel sind die Dichtwände schaufelfußseitig in Richtung der jeweils anderen Dichtwand versetzt. Hierdurch kann der Innenraum sowohl asymmetrisch als auch symmetrisch ausgebildet sein.

[0009] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel sind die Dichtwände schaufelfußseitig auf der Schaufelhochachse zusammengeführt. Hierdurch wird eine hohe Symmetrie im Bereich des Schaufelfußhals erreicht, was sich günstig auf das Schwingverhalten auswirkt.

[0010] Bevorzugterweise sind die Dichtwände an dem Schaufelfuß zusammengeführt. Hierdurch erfolgt eine Massenkonzentration auf der Hochachse im Bereich der Nabe und somit drehachsennah, was sich sehr positiv auf das Schwingverhalten auswirkt. Gleichzeitig kann ein Kühlluftstrom von einer stromaufwärtigen Schaufelseite zur stromabwärtigen Schaufelseite geführt werden, ohne dass eine schaufelfußseitige Erwärmung des Kühlluftstroms zu befürchten ist, da der Innenraum aufgrund der erfindungsgemäßen Zusammenführung der Dichtwände einen minimalen Kontaktbereich bzw. nahezu keinen Kontaktbereich mit dem Schaufelfuß bilden.

[0011] Eine erfindungsgemäße Strömungsmaschine hat eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Laufschaufeln. Eine derartige Strömungsmaschine zeichnet sich insbesondere durch eine verbesserte Kühlluftführung, eine reduzierte Vermischung eines Heißgasstromes mit einem Kühlluftstrom, durch keine bzw. nahezu keine Aufwärmung des Kühlluftstroms durch schaufelfußseitige Konvektionswärme und aufgrund des verbesserten Schwingverhaltens der Laufschaufel durch einen ruhigen Rotorlauf aus.

[0012] Sonstige vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

[0013] Im Folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer schematischen Darstellung näher erläutert. Die einzige Figur 1 zeigt eine Seitenansicht einer montierten erfindungsgemäßen Laufschaufel.

[0014] Gemäß der Darstellung in Figur 1 hat eine erfindungsgemäße Laufschaufel 1 für eine Strömungsmaschine einen Schaufelfuß 2, ein Schaufelblatt 4 sowie einen zwischen dem Schaufelfuß 2 und dem Schaufelblatt 4 angeordneten Schaufelhals 6. Die Strömungsmaschine ist bevorzugterweise ein Flugzeugtriebwerk, kann jedoch auch eine stationäre Gasturbine sein. Die Laufschaufel 1 ist mit einer Vielzahl gleichartiger Laufschaufeln zu einer Laufschaufelreihe montiert und hierzu mit-

tels ihres Schaufelfußes 2 in eine nicht bezifferte Axialnut einer Rotornabe 8 eingesetzt. Die Laufschaufelreihe kann sowohl turbinenseitig als auch verdichterseitig angeordnet sein. Die Rotornabe 8 ist um eine Drehachse 10 gelagert und bildet mit der Laufschaufelreihe einen Rotorabschnitt. Zur axialen Sicherung der Laufschaufel 1 an der Rotornabe 8 ist in die Axialnut ein Sicherungsblech 12 eingesetzt, dessen Endabschnitte radial nach außen gebogen sind.

[0015] Der Schaufelhals 6 bildet eine innere Plattform 14, die in Strömungsrichtung betrachtet einen vorderen Vorsprung 16 und einen hinteren Vorsprung 18 aufweist und die mit den Plattformen der übrigen Laufschaufeln der Laufschaufelreihe eine radial innenliegende Seitenbegrenzung eines Heißgaskanals 20 darstellt. Zudem bildet die Plattform 14 bzw. das Innendeckband mit den übrigen inneren Plattformen eine radial außenliegende Begrenzung eines nabenseitigen Kühlluftkanals 22 und trennt somit den Heißgaskanal 20 und den Kühlluftkanal 22 voneinander. Radial außenliegend wird der Heißgaskanal 20 von einem spitzenförmig angeordneten Außendeckband 24 der Laufschaufel 1 begrenzt. Der Kühlluftkanal 22 wird radial innen von einem Trommelkörper 26 der Rotornabe 8 begrenzt.

[0016] Der Schaufelhals 6 ist als ein Steg mit seitlichen Taschen ausgebildet, die einen Innenraum 28 bilden. Der Innenraum 28 ist von der Plattform 14 und einer in Strömungsrichtung betrachtet vorderen Dichtwand 30 und einer hinteren Dichtwand 32 begrenzt und weist gegenüber dem Heißgaskanal 20 und dem Kühlluftkanal 22 ein mittleres Druckgefälle auf. Die Dichtwände 30, 32 sind geradlinig ausgebildet und erstrecken sich von Übergangsbereichen der Vorsprünge 16, 18 an dem Schaufelhals 6 in Richtung des Schaufelfußes 2. Ausgehend von der Plattform 14 sind die Dichtwände 30, 32 schräg zur Hochachse 34 der Laufschaufel 1 angestellt und an dem Schaufelfuß 2 bzw. an dessen in Richtung der Plattform 14 weisenden Rand 36 zusammengeführt. Die Dichtwände 30, 32 haben in etwa eine gleiche Länge und sind etwa im gleichen Winkel zur Hochachse 34 angestellt, so dass der Innenraum 28 nahezu symmetrisch zur Hochachse 34 ist und die Plattform 14 mit den Dichtwänden 30, 32 nahezu ein gleichschenkeliges Dreieck bilden. Somit weist der Innenraum 28 einen dreieckartigen, insbesondere einem dreieckigen, Querschnitt auf, der sich von der Plattform 14 in Richtung des Schaufelfußes 2 betrachtet stetig verengt bzw. sich radial von außen nach innen schließt. Entsprechend erweitert sich der Innenraum 28 von dem Schaufelfuß 2 in Richtung der Plattform 14 betrachtet trichterförmig bzw. öffnet sich radial von innen nach außen. Insbesondere sind die Dichtwände 30, 32 an dem Schaufelfuß 2 bzw. an dessen Rand 36 auf der Hochachse 34 zusammengeführt.

[0017] Offenbart ist eine Laufschaufel für eine Strömungsmaschine mit einem Schaufelfuß, einem Schaufelblatt und mit einem zwischen dem Schaufelfuß und dem Schaufelblatt angeordneten Schaufelhals, der eine innere Plattform bildet, wobei der Schaufelhals eine vor-

dere Dichtwand und eine hintere Dichtwand hat, die mit der Plattform einen dreieckartigen, bevorzugterweise einen dreieckigen, Innenraum begrenzen, der sich radial von außen nach innen betrachtet verengt, sowie eine Strömungsmaschine mit einer Vielzahl von derartigen Laufschaufeln.

Bezugszeichenliste

10 [0018]

1	Laufschaufel
2	Schaufelfuß
4	Schaufelblatt
6	Schaufelhals
8	Rotornabe
10	Drehachse
12	Sicherungsblech
14	Plattform
16	vorderer Vorsprung
18	hinterer Vorsprung
20	Heißgaskanal
22	Kühlluftkanal
24	Außendeckband
26	Trommelkörper
28	Innenraum
30	vordere Dichtwand
32	hintere Dichtwand
34	Hochachse
36	Rand

Patentansprüche

1. Laufschaufel (1) für eine Strömungsmaschine, mit einem Schaufelfuß (2), einem Schaufelblatt (4), und mit einem zwischen dem Schaufelfuß (2) und dem Schaufelblatt (4) angeordneten Schaufelhals (6), der eine innere Plattform (14) bildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaufelhals (6) eine vordere

Dichtwand (30) und eine hintere Dichtwand (32) hat, die mit der Plattform (14) einen dreieckartigen Innenraum (28) begrenzen, der sich radial von außen nach innen verengt.

5

2. Laufschaufel nach Anspruch 1, wobei eine der Dichtwände (30, 32) schaufelfußseitig in Richtung der anderen Dichtwand (32, 30) versetzt ist.
3. Laufschaufel nach Anspruch 1, wobei die Dichtwände (30, 32) schaufelfußseitig in Richtung der jeweils anderen Dichtwand (32, 30) versetzt sind. 10
4. Laufschaufel nach Anspruch 3, wobei die Dichtwände (30, 32) schaufelfußseitig auf der Schaufelhochachse (34) zusammengeführt sind. 15
5. Laufschaufel nach Anspruch 4, wobei die Dichtwände (30, 32) an dem Schaufelfuß (2) zusammengeführt sind. 20
6. Laufschaufel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dichtwände (30, 32) geradlinig ausgebildet sind. 25
7. Strömungsmaschine mit einer Vielzahl von Laufschaufeln (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

30

35

40

45

50

55

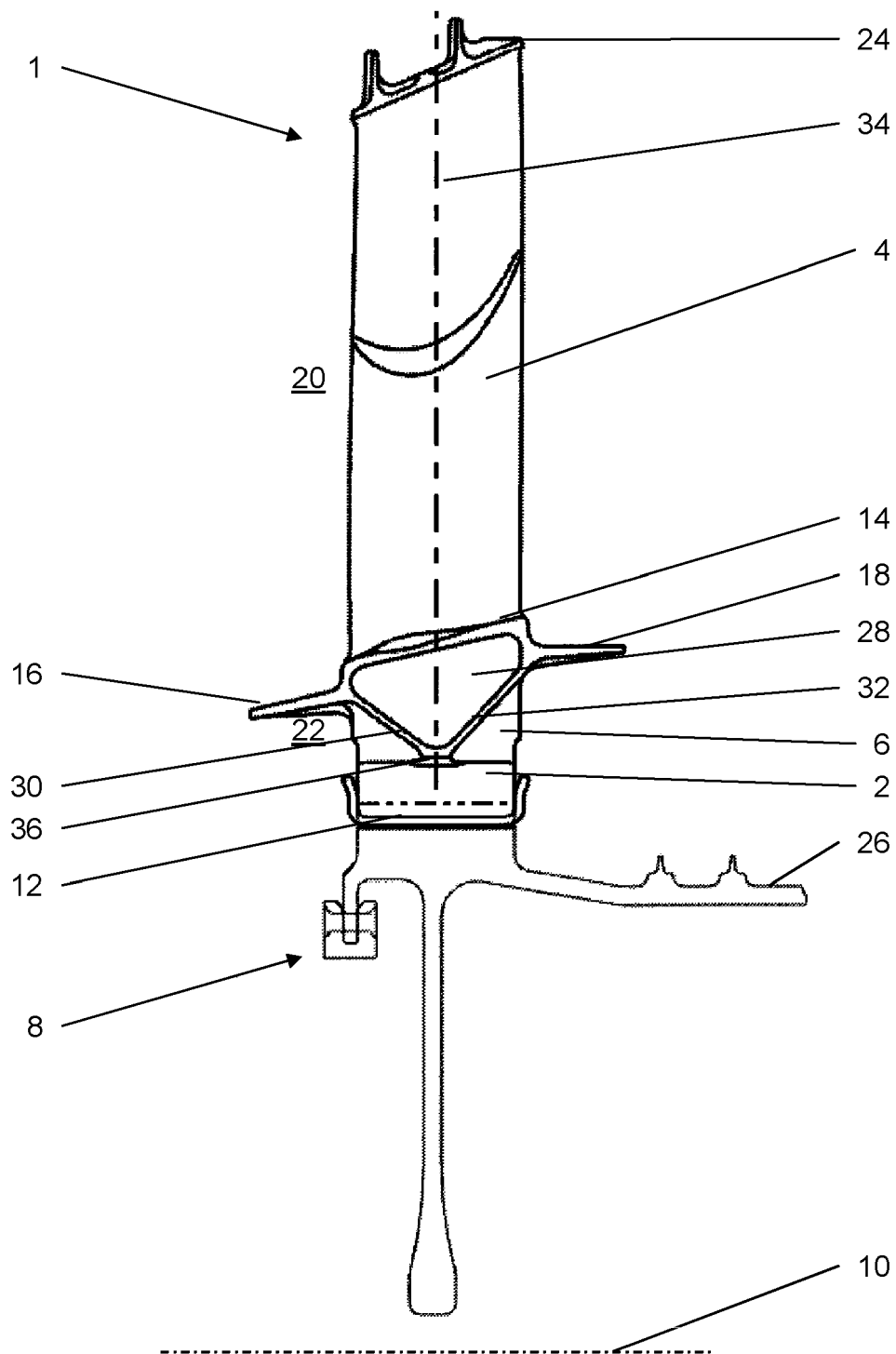


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 19 0041

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	FR 2 568 308 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 31. Januar 1986 (1986-01-31) * Seite 4, Zeile 15 - Seite 5, Zeile 6 * * Seite 7, Zeile 15 - Seite 9, Zeile 20; Abbildungen 1-4 *	1-7	INV. F01D5/30 F01D11/00
X	RALF GOMBERT ET AL: "UNSTEADY AERODYNAMICAL BLADE ROW INTERACTION IN A NEW MULTISTAGE RESEARCH TURBINE - PART 1: EXPERIMENTAL INVESTIGATION", PROCEEDINGS OF IGTI'01, ASME TURBO EXPO 2001, 1. Januar 2001 (2001-01-01), Seiten 1-10, XP55025164, * Abbildung 2 *	1-7	
X,D	DE 10 2009 007664 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 12. August 2010 (2010-08-12) * Absatz [0028] - Absatz [0029]; Abbildungen 1-2 *	1-7	
A	DE 10 2008 047492 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 15. April 2010 (2010-04-15) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 4 536 129 A (JANKOT ALAN L [US]) 20. August 1985 (1985-08-20) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-2 *	1-7	F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 20. April 2012	Prüfer Robelin, Bruno
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	

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 19 0041

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.

20-04-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2568308	A1	31-01-1986	CA 1233126	A1 23-02-1988
			DE 3527122	A1 30-01-1986
			FR 2568308	A1 31-01-1986
			IT 1185308	B 12-11-1987
			JP 61055302	A 19-03-1986
			SE 8503614	A 31-01-1986
			US 4595340	A 17-06-1986

DE 102009007664	A1	12-08-2010	DE 102009007664	A1 12-08-2010
			EP 2394028	A1 14-12-2011
			US 2011293408	A1 01-12-2011
			WO 2010088881	A1 12-08-2010

DE 102008047492	A1	15-04-2010	KEINE	

US 4536129	A	20-08-1985	DE 165196	T1 22-05-1986
			DE 3566430	D1 29-12-1988
			EP 0165196	A1 18-12-1985
			JP 61004806	A 10-01-1986
			US 4536129	A 20-08-1985

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

- DE 102009007664 A1 [0002]