(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 412 937 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.02.2012 Patentblatt 2012/05

(51) Int Cl.:
F01D 25/08 *(2006.01)* ***F01D 25/14*** *(2006.01)*
F01D 3/00 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **10171447.5**

(22) Anmeldetag: **30.07.2010**

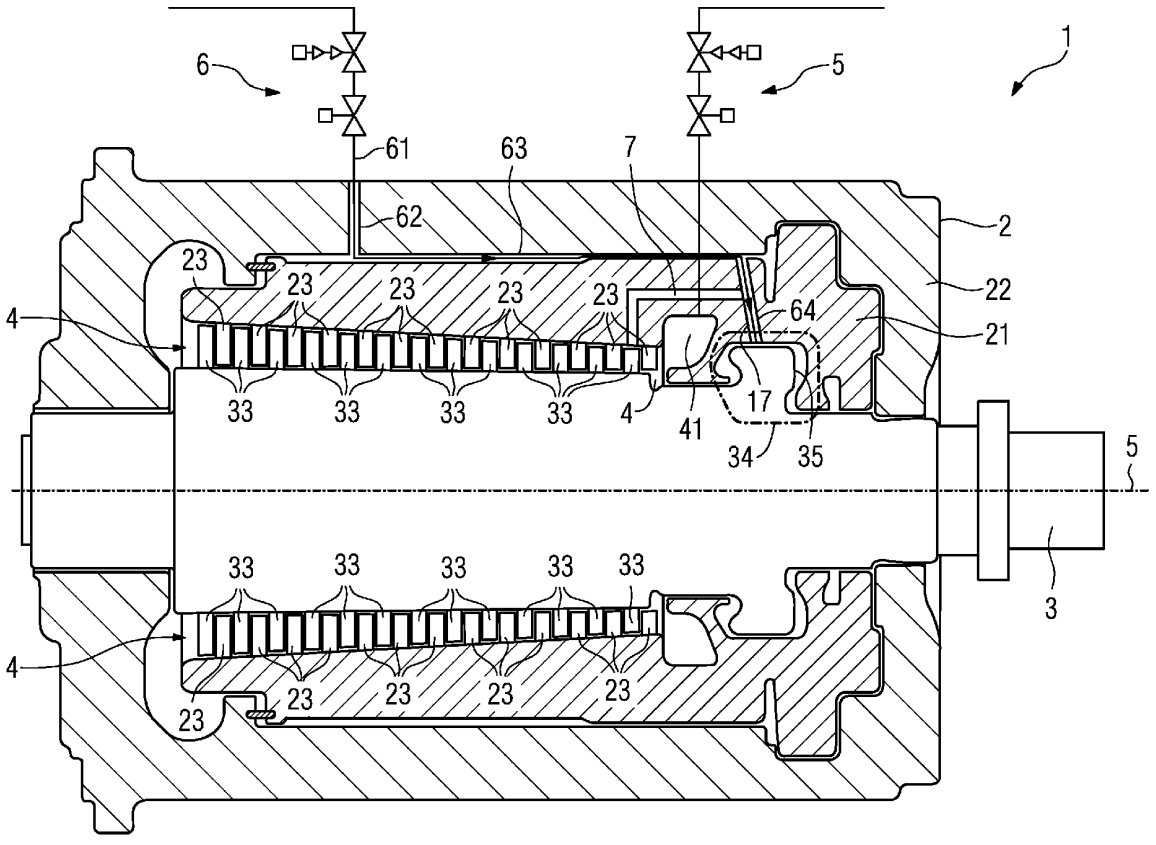
(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

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

(72) Erfinder: **Förster, Ingo**
47057, Duisburg (DE)

(54) **Dampfturbine sowie Verfahren zum Kühlen einer solchen**

(57) Die Erfindung betrifft eine Dampfturbine (1) mit einem Stator (2), welcher ein Innen- (21) und ein Außengehäuse (22) umfasst, einem Rotor (3), einem zwischen Stator (2) und Rotor (3) ausgebildeten Strömungskanal (4), in dem abwechselnd Laufschaufelreihen (33) des Rotors (3) und Leitschaufelreihen (23) des Stators (2) angeordnet sind, einer Frischdampfzuführung (5) zum Zuführen von Frischdampf in einen Einströmbereich (41) des Strömungskanals (4), so dass der Frischdampf die Läufer- (33) und Leitschaufeln (21) im Strömungskanal (4) umströmen kann und einer Kühldampfzuführung (6) zum Zuführen von Kühldampf in einen thermisch hoch beanspruchten Bereich (34) des Rotors (3), wobei eine Druckausgleichsquerverbindung (7) zwischen dem Strömungskanal (4) und der Kühldampfzuführung (6) vorgesehen ist. Dadurch kann erfindungsgemäß ein Teil des Frischdampfes aus dem Strömungskanal (4) dem Kühldampf zugeführt werden.



EP 2 412 937 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Dampfturbine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein entsprechendes Verfahren zur Kühlung einer solchen Dampfturbine gemäß Anspruch 6.

[0002] Dampfturbinen werden mit Frischdampf, der eine Temperatur von mehreren hundert Grad aufweisen kann, als Arbeitsmedium betrieben. Dazu wird der Frischdampf in einen Strömungskanal, der zwischen Rotor und Stator ausgebildet ist eingeströmt, so dass dieser die in diesen Kanal hineinragenden Leitschaufeln des Stators und Laufschaufeln des Rotors umströmt. Dadurch expandiert der Frischdampf auf einen niedrigeren Druck und kühlt ab. Die dabei freigesetzte thermische Energie wird in Rotationsenergie des Rotors umgesetzt, die zum Antrieb eines mit dem Rotor gekoppelten Generators oder einer Arbeitsmaschine benutzt werden kann.

[0003] Hohe Leistungen der Dampfturbine bedingen entsprechend hohe Arbeitstemperaturen des Frischdampfes und damit eine erhöhte thermische Belastung einzelner Komponenten der Dampfturbine. Diese, thermisch besonders belasteten Komponenten müssen aber ausreichend gekühlt werden, um den sicheren Betrieb der Dampfturbine zu gewährleisten.

[0004] Aus der EP 2 067 933 ist dazu eine Vorrichtung bekannt, bei der der Dampfturbine neben dem Frischdampf zusätzlich Kühldampf von extern zugeführt wird. Über eine entsprechende Zuleitung zum Außengehäuse des Stators der Turbine, eine Außengehäusekühlbohrung, einen Strömungsraum zwischen Außen- und Innengehäuse des Stators und eine Innengehäusekühlbohrung wird so Kühldampf in den besonders thermisch beanspruchten Bereich der Dampfturbine, hier den Schubausgleichskolben des Rotors so eingebracht, dass dieser gezielt gekühlt wird. Zusätzliche Dichtelemente trennen diesen Kühldampfraum von dem angrenzenden Frischdampfraum. Diese Dichtelemente müssen dabei einerseits möglichst dicht sein, um auch bei einer Änderung der Dampfzustände, so wie sie bei einem Lastwechsel auftreten, noch eine Rückwärtsströmung von Kühldampf in den Frischdampfraum zu verhindern. Anderseits müssen die Dichtelemente aber undicht genug sein, um im Falle einer Turbinenschnellabschaltung eine ausreichend schnelle Druckentlastung zu gewährleisten. Diese Dichtelemente müssen somit für beide, sich aber widersprechende Anforderungen ausgelegt werden.

[0005] Zudem ist aus der EP 2 067 933 eine Ausführung bekannt, bei der zusätzlich eine externe Querleitung zwischen externer Frischdampf- und Kühldampfzuleitung der Dampfturbine vorgesehen ist. Diese Querleitung dient dazu, dass im Falle eines schlagartigen Druckabfalls in der Frischdampfzuleitung dem Frischdampf zusätzlich Kühldampf zugespeist werden kann, um so eine zu große Differenzdruckbelastung zwischen dem zu kühlenden Bereich und dem Einströmbereich des Strömungskanals zu vermeiden.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Dampfturbine sowie ein verbessertes Verfahren zur Kühlung einer solchen Dampfturbine bereitzustellen.

[0007] Diese Aufgabe wird mit der Dampfturbine mit den Merkmalen des Anspruchs 1, sowie mit dem entsprechenden Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

[0008] Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, dass durch eine zusätzliche Druckausgleichsquerverbindung zwischen Strömungskanal und Kühldampfzufuhr, ein Teil des Frischdampfes aus dem Strömungskanal somit direkt auch dem Kühldampf zugeführt werden kann. Damit kommt es zu einer thermodynamischen Kopplung und damit zu einem stetigen Druckausgleich zwischen dem Frischdampfraum und dem Kühldampfraum der Turbine über diese Querverbindung. An die zusätzlichen Dichtelemente, die den thermisch hoch beanspruchten Bereich, wie beispielsweise den in den Stator eingreifenden Schubausgleichskolben des Rotors, von dem Bereich mit Frischdampf abgrenzen, müssen somit nicht so hohe Anforderungen gestellt werden, da die Druckdifferenz zwischen beiden Räumen geringer ist.

[0009] Mündet ein Ende der Druckausgleichsquerverbindung radial außen im Strömungskanal, so kann für den Druckausgleich im laufenden Betrieb der Turbine das radiale Druckgleichgewicht stromabwärts einer Schaufel ausgenutzt werden. Physikalisch besteht nämlich bei der im Strömungskanal erzeugten drallbahafteten Strömung eine Druckdifferenz mit einem höheren statischen Druck an der radial äußeren Seite des Strömungskanals. Nach einer Leitschaufel wird somit das Statorinnengehäuse mit einem höheren Druck als der Rotor beaufschlagt. Dieser an der Druckausgleichsquerverbindung anliegende höhere Druck legt, über die Druckausgleichsquerverbindung direkt, auch einen höheren Druck im Kühldampfraum fest. Somit kommt es auch bei einer Laständerung im laufenden Betrieb nicht zu einer lokalen Umkehrung der Strömungsrichtung. Zudem besteht für den Fall einer Turbinenschnellabschaltung mit der Druckausgleichsquerverbindung, eine Raumverbindung zwischen Frischdampf und Kühldampf, durch welche ein Kühldampfüberschuss direkt entleert werden kann, so dass die Dichtelemente weniger beansprucht werden.

[0010] Bevorzugt ist die Druckausgleichsquerverbindung im Innengehäuse des Stators und hier insbesondere nahe am Einströmbereich des Strömungskanals angeordnet, so dass der lokal höchste Druck des Strömungskanals abgegriffen werden kann. Mündet die Druckausgleichsquerverbindung zudem nahe des thermisch hoch beanspruchten Bereichs in die Kühldampfzuführung, können kurze Durchführungswege der Druckausgleichsquerverbindung erreicht werden.

[0011] Die Erfindung soll nun anhand einer Figur beispielhaft erläutert werden. Dargestellt ist der Schnitt durch eine Dampfturbine 1, mit einem Stator 2, mit Innengehäuse 21,mit Außengehäuse 22 und einem Rotor 3. Zwischen dem Stator 2 und dem Rotor 3 ist ein Strömungskanal 4 ausgebildet, in dem in axialer Richtung

abwechselnd Laufschaufelreihen 33 des Rotors 3 und Leitschaufelreihen 23 des Stators 2 angeordnet sind. Über eine Frischdampfzuführung 5 wird Frischdampf einem Einströmbereich 41 des Strömungskanals 4 zugeführt. Der so eingeströmte Frischdampf umströmt dann stromab im Strömungskanal 4 die Läufer- 33 und Leitschaufelreihen 23, expandiert und kühlt ab. Die dadurch freigesetzte thermische Energie bewirkt, dass sich der Rotor 3 dreht. Durch den sich nun im feststehenden Stator 2 drehenden Rotor 3 können lokal thermisch hoch belastete Bereiche 34 entstehen, die gekühlt werden müssen. So ein Bereich ist beispielsweise der am Rotor ausgebildete Schaubausgleichskolben 35, der sich durch den drehenden Rotor 3 in einer entsprechenden Ausnehmung des Stators 2 bewegt.

[0012] Zur Kühlung solcher thermisch hoch beanspruchten Bereiche 34 ist deshalb eine zusätzliche Kühldampfzuführung 6 vorgesehen. Die Kühldampfzuführung 6 umfasst im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine externe Zuleitung 61 von außen zum Außengehäuse 22, eine Außengehäusekühlbohrung 62, einen Strömungsraum 63 zwischen Außengehäuse 22 und Innengehäuse 21 und zumindest eine Innengehäusekühlbohrung 64. Sowohl die Kühldampfzuführung als auch die Frischdampfzuführung können, so wie in der Figur angedeutet, zusätzliche Ventile zum Steuern der jeweiligen Dampfmenge aufweisen. Zudem sind zur Trennung der beiden Dampfräume in der Turbine 1 an den Stellen, an denen der Frischdampfraum und Kühldampfraum besonders dicht beieinander liegen, zusätzliche (aber hier nicht näher dargestellte) Dichtelemente vorgesehen. Aufgrund des Druckunterschieds zwischen Kühl- und Frischdampf sind an diese Dichtelemente aber besonders hohe Anforderungen zu stellen. Andererseits müssen die Dichtelemente aber auch so ausgelegt sein, dass sie im Fall einer Schnellabschaltung "durchlässig" sind um einen Kühldampfüberschuss schnell abzubauen.

[0013] Um die Anforderungen an solche Dichtelemente so gering wie möglich zu halten ist daher erfindungsgemäß eine Druckausgleichsquerverbindung 7 zwischen dem Strömungskanal 4 und der Kühldampfzuführung 6 vorgesehen. In dem in der Figur gezeigten Ausführungsbeispiel ist diese Querverbindung 7, nahe dem Einströmbereich 41, des Frischdampfes in den Strömungskanal 4 und der thermisch hoch belasteten Zone 34 vorgesehen. Die Druckausgleichsquerverbindung 7, die beispielsweise als Bohrung im Innengehäuse 21 des Stators 2 ausgebildet ist ermöglicht so, dass ein Teil des Frischdampfes aus dem Strömungskanal 4 direkt dem Kühldampf zugeführt wird. So entsteht durch diese Querverbindung ein Druckausgleich zwischen Frischdampfraum und Kühldampfraum. Gleichzeitig kann die Querverbindung im Falle einer Schnellabschaltung als "Bypass" genutzt werden und so überschüssiges Kühlmittel aus dem Kühldampfraum in den Frischdampfraum abzuführen. Insgesamt können so geringere Anforderungen an die Dichtelemente gestellt werden, was eine erhebliche Reduzierung der Materialkosten zur Folge hat.

[0014] Die vorliegende Erfindung ist nicht beschränkt auf die zuvor beschriebenen Ausführungen. Vielmehr sind auch Kombinationen, Abwandlungen bzw. Ergänzungen einzelner Merkmale denkbar, die zu weiteren möglichen Ausführungsformen der erfinderischen Idee führen können. So könnte die Druckausgleichsquerverbindung auch direkt in den von Kühldampf beströmten thermisch hoch beanspruchten Bereich führen. Der Teil des Frischdampfes aus dem Strömungskanal würde dann erst in diesem Bereich dem Kühldampf zugeführt. Die Druckausgleichsquerverbindung kann, wie in der Figur angedeutet, aus einem radial und einen axial ausgerichteten Bereich bestehen, sie könnte aber auch als eine gerade Bohrung schräg durch das Innengehäuse vom Strömungskanal zur Innengehäusekühlbohrung führen.

Patentansprüche

1. Dampfturbine (1) mit einem Stator (2), welcher ein Innen-(21) und ein Außengehäuse (22) umfasst, einem Rotor (3), einem zwischen Stator (2) und Rotor (3) ausgebildeten Strömungskanal(4), in dem abwechselnd Laufschaufelreihen (33) des Rotors (3) und Leitschaufelreihen (23) des Stators (2) angeordnet sind, einer Frischdampfzuführung (5) zum Zuführen von Frischdampf in einen Einströmbereich (41) des Strömungskanals (4), so dass der Frischdampf die Läufer- (33) und Leitschaufeln (21) im Strömungskanal (4) umströmen kann und einer Kühldampfzuführung (6) zum Zuführen von Kühldampf in einen thermisch hoch beanspruchten Bereich (34) des Rotors (3) **gekennzeichnet durch** eine Druckausgleichsquerverbindung (7) zwischen dem Strömungskanal (4) und der Kühldampfzuführung (6).

2. Dampfturbine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,dass** die Kühldampfzuführung (6) eine Zuleitung (61) zum Außengehäuse (22), eine Außengehäusekühlbohrung (62), einen Strömungsraum (63) zwischen Außen- und Innengehäuse und zumindest eine Innengehäusekühlbohrung (64) umfasst und die Druckausgleichsquerverbindung (7) eine Bohrung im Innengehäuse (21) ist, die vom Strömungskanal (4) zu der Innengehäusekühlbohrung (64) reicht.

3. Dampfturbine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,dass** Druckausgleichsquerverbindung (7) radial außen am Strömungskanal (4) ansetzt.

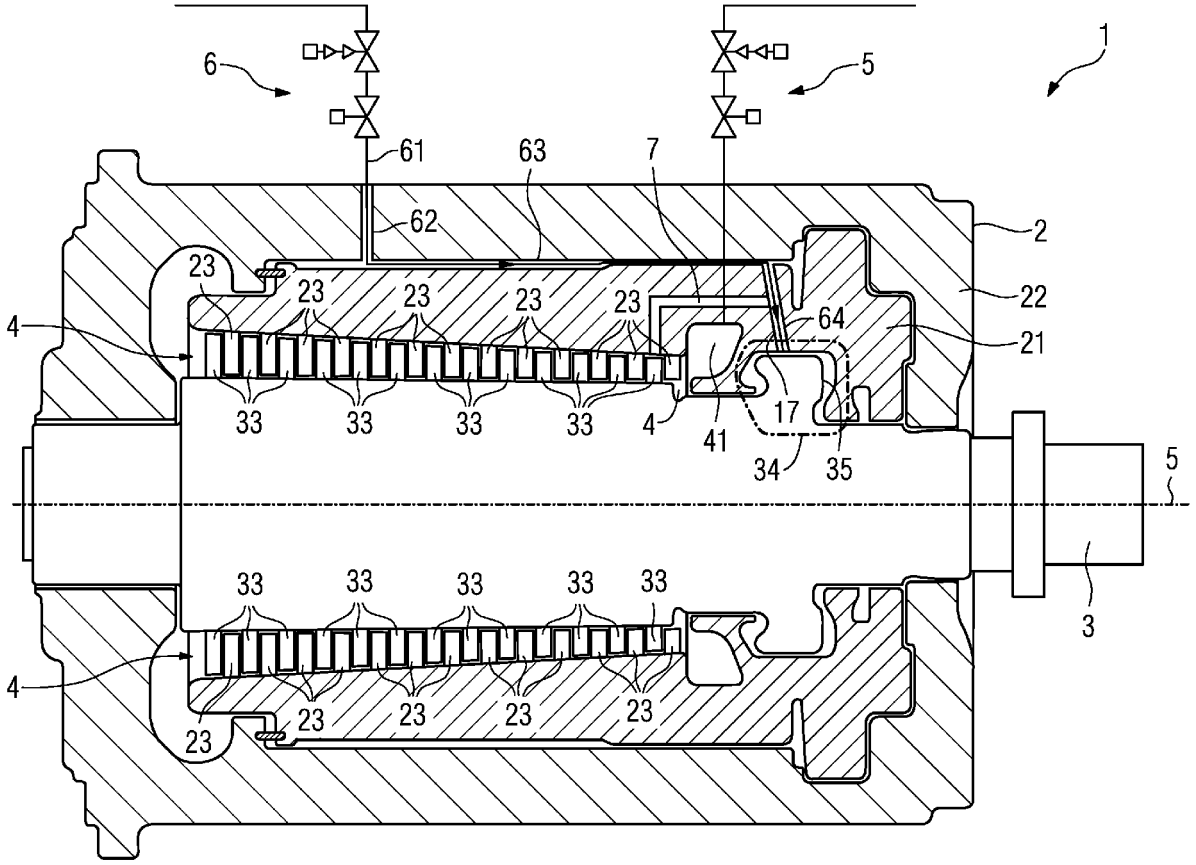
4. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,dass** die Druckausgleichsquerverbindung (7) im Bereich des Einströmbereichs (41) des Strömungskanals (4) und des thermisch beanspruchten Bereichs (34) im Innengehäu-

se (21) ausgebildet ist.

5. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,dass** der thermisch beanspruchte Bereich (34) ein Schubausgleichskolben (35) des Rotors (3) ist.

6. Verfahren zum Kühlen einer Dampfturbine (1), wobei der Dampfturbine (1) Frischdampf zum Durchströmen eines zwischen einem Stator (2) und einem Rotor (3) ausgebildeten Strömungskanals (4) und Kühldampf zum Kühlen eines thermisch beanspruchten Bereichs (34) des Rotors (3) zugeführt wird,
dadurch gekennzeichnet,dass ein Teil des Frischdampfes aus dem Strömungskanal (4) dem Kühldampf zugeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,dass die Zuführung des Frischdampfs aus dem Strömungskanal (4) im Bereich des Einströmbereichs (41) des Strömungskanals (4) und dem thermisch beanspruchten Bereich (34) des Rotors (3) im Innengehäuse (21) des Stators (2) erfolgt.


1
2
3
4
5
6
7
17
21
22
23
33
34
35
41
61
62
63
64

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 10 17 1447

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 067 933 A2 (SIEMENS AG [DE]) 10. Juni 2009 (2009-06-10) * Absätze [0008], [0014] - [0016]; Abbildungen 1,2 * -----	1-7	INV. F01D25/08 F01D25/14 F01D3/00
X	EP 1 674 669 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28. Juni 2006 (2006-06-28) * Absätze [0024], [0042]; Abbildung 4 * -----	1-7	
X	EP 1 785 586 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16. Mai 2007 (2007-05-16) * Absätze [0020] - [0024]; Abbildung 1 * -----	1-7	
X	EP 1 788 191 A1 (SIEMENS AG [DE]) 23. Mai 2007 (2007-05-23) * Seite 1, Absätze 12,15-18,27,29,30; Abbildung 1 * -----	1-7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	23. Dezember 2010	Chatziapostolou, A

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

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 10 17 1447

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.

23-12-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2067933 A2	10-06-2009	KEINE	
EP 1674669 A1	28-06-2006	KEINE	
EP 1785586 A1	16-05-2007	KEINE	
EP 1788191 A1	23-05-2007	KEINE	

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

- EP 2067933 A **[0004] [0005]**