

(19)



(11)

EP 2 275 218 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.01.2011 Patentblatt 2011/03

(51) Int Cl.:

B23C 3/18 (2006.01)

B23C 3/30 (2006.01)

B23C 3/34 (2006.01)

B23P 15/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 10154190.2

(22) Anmeldetag: 22.02.2010

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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:

AL BA RS

(30) Priorität: 14.07.2009 DE 102009033234

(71) Anmelder: Alstom Technology Ltd
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:

• Storch, Wilfried
D-13158, Berlin (DE)

- Fiedler, Stefan
D-10115, Berlin (DE)
- Heucke, Bjoern
D-10437, Berlin (DE)
- Schwaar, Michael
D-09232, Hartmannsdorf (DE)
- Jaehnert, Thomas
09232 Hartmannsdorf b. Chemnitz (DE)
- Gnirss, Günter
D-69469, Weinheim (DE)

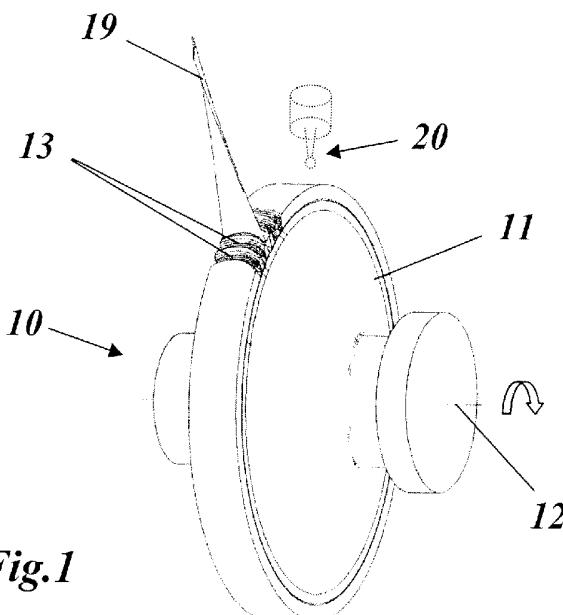
Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2)
EPÜ.

(54) Verfahren zum Bearbeiten des Rotors einer Turbine sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten von zur Aufnahme von Schaufeln (19) vorgesehenen Nuten, insbesondere Tannenbaumnuten (13), an einem Rotor (10) einer Turbine, insbesondere einer Niederdruckdampfturbine. Eine starke Vereinfachung und hohe Flexibilität wird dadurch erreicht, dass in den Nuten

bzw. Tannenbaumnuten (13) mittels einer programmgesteuerten Fräsvorrichtung Material abgetragen wird, wobei die Fräsvorrichtung mit einem Fräswerkzeug (20) in die Nut bzw. Tannenbaumnut (13) eintaucht, welches von einem im Raum frei beweglichen Fräswerkzeugpositioniergerät an den zu bearbeitenden Stellen in der Nut bzw. Tannenbaumnut (13) entlang geführt wird.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Technik von Turbinen. Sie betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten von zur Aufnahme von Schaufeln vorgesehenen Nuten, insbesondere Tannenbaumnuten, an einem Rotor einer Turbine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

STAND DER TECHNIK

[0002] Die Befestigung der am Läuferbzw. Rotor einer Niederdruck-Dampfturbine eingesetzten Endschaufeln mit Tannenbaumfüssen ist hoch belastet. In Fig. 1 ist ein Beispiel für den Rotor 10 einer Niederdruck-Dampfturbine mit einer beispielhaften Laufschaufel 19 wiedergegeben. Die Laufschaufel 19 ist in eine der in axialer Richtung (Achse 12) verlaufenden, gekrümmten Tannenbaumnuten 13 in der Rotorscheibe 11 eingeschoben. Die gebogenen Tannenbaumnuten 13 mit den dazwischen angeordneten Zähnen 14 sind in Fig. 2 vergrössert wiedergegeben. An ihren Flanken weisen die Tannenbaumnuten 13 übereinander angeordnete Zacken (15 in Fig. 3 und 4) auf, zwischen denen jeweils ein Zackengrund (16 in Fig. 3 und 4) liegt. In der Druckschrift DE-A1 -10 2007 055 842 ist - ebenso wie in der WO-A1 -01/96055 - beispielsweise ein Verfahren zum Herstellen derartiger Tannenbaumnuten offenbart.

[0003] Abhängig von der Turbinenfahrweise kann es zu Rissen in den Tannenbaumnuten 13 kommen. Insbesondere in Tannenbaumnuten der letzten und vorletzten Laufreihe an Niederdruckturbinenläufern von im Markt befindlichen Turbinentypen sind die genannten Rissenschädigungen bekannt und bei dem derzeitigen Design der Nuten nicht vermeidbar. Die Anrisse wachsen nach der Inkubationsphase weiter und führen nach Erreichen einer bestimmten Rissstiefe zum instabilen Risswachstum mit höchstmöglichen Funktionsrisiko für die Betriebssicherheit der Läufer. Deshalb sind Anrisse in Tannenbaumnuten von Turbinenwellen nicht hinnehmbar.

[0004] Die derzeitige Prävention gegenüber dem Bauteilversagen besteht in der zyklischen Bauteilinspektion. Dabei festgestellte überkritische Rissstiefen werden ausgefräst, um die erhöhten Spannungen in den Riss spitzen mit Wachstumspotenzial aufzulösen. Das Ausfräsen erfolgt z.T. manuell mit erheblichem Zeitaufwand und qualitativer Unsicherheit und ausschliesslich in gebogenen Tannenbaumnuten mit einer an eine Führungs bahn der Nutbiegung gebundene Fräsmaschine geringer Abtragsleistung. Insbesondere wird dazu eine Arbeitsbühne oder Gerätebühne um und/oder das Bauteil überbrückend eingesetzt, was einen hohen Geräte- und Montageaufwand zur Ausführung des Verfahrens erfordert.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0005] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, den Nutgrund und die Nutflanken insbesondere von Tannenbaumnuten mittels hochproduktiver und ohne auf die Nutbahn eingeschränkte Gerätetechnik rissfrei zu machen bzw. rissfrei zu halten. Insbesondere soll ein Nutgrund erzeugt werden, der frei von Rissen ist und dazu eine Verfahrenstechnik genutzt werden, die ohne Einschränkung durch die Nutkontur und Nutbahn anrißgefährdeter Tannenbaumnuten wirksam wird, ohne die Nutkontur in ihrer designgemässen Auslegung zu ändern oder zu erneuern.

[0006] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 und des Anspruchs 10 gelöst. Wesentlich für die Erfindung ist, dass in den Nuten bzw. Tannenbaumnuten mittels einer programmgesteuerten Fräsvorrichtung Material abgetragen wird, wobei die Fräsvorrichtung mit einem Fräswerkzeug in die Nut bzw. Tannenbaumnut eintaucht, welches von einem im Raum frei beweglichen Fräswerkzeugpositioniergerät an den zu bearbeitenden Stellen in der Nut bzw. Tannenbaumnut entlang geführt wird.

[0007] Eine Ausgestaltung der Erfindung ist **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Bearbeitung die Form der gesamten Nut bzw. Tannenbaumnut derart verändert wird, dass sie gegenüber der unveränderten Form weniger rissanfällig ist.

[0008] Eine andere Ausgestaltung der Erfindung ist **dadurch gekennzeichnet, dass** zunächst die Nuten bzw. Tannenbaumnuten auf das Vorhandensein von Rissen untersucht werden, dass die mit Rissen behafteten Nuten bzw. Tannenbaumnuten mit einem Tastkopf ab gefahren werden, dass jeweils ein auf die Rissform abgestimmtes Fräswerkzeug ausgewählt wird, dass die Tiefe des zur Entfernung des Risses auszuarbeitenden Gebietes bestimmt wird, und dass das den Riss enthaltende Gebiet nach Massgabe der abgetasteten Nutkontur bis zur vorbestimmten Tiefe mit dem ausgewählten Fräswerkzeug abgetragen wird.

[0009] Vorzugsweise wird zum Abfahren der mit Rissen behafteten Nuten bzw. Tannenbaumnuten der Tastkopf mittels des Fräswerkzeugpositioniergeräts verfahren.

[0010] Eine andere Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass das Fräswerkzeug entlang einer Nutbahnkontur durchgeführt wird, ohne die Form der Nut bzw. Tannenbaumnut insgesamt zu ändern.

[0011] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fräswerkzeug durch eine ausserhalb der Nut bzw. Tannenbaumnut angeordnete Antriebseinheit angetrieben und/oder bewegt wird.

[0012] Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn zur Ausarbeitung des den Riss enthaltenden Gebietes nach einander mehrere Fräswerkzeuge mit unterschiedlichen Schneidköpfen und/oder Werkzeugformen verwendet

werden.

[0013] Ebenso ist es denkbar, dass das Fräswerkzeug in der Nut bzw. Tannenbaumnut in mehreren Ebenen programmiert steuerbar bewegt wird.

[0014] Eine andere Ausgestaltung des Verfahrens nach der Erfindung ist **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor auf Lagermitteln aufliegend gelagert wird, und dass die Fräsvorrichtung mit einem Fräswerkzeug die Nut bzw. Tannenbaumnut von unten oder von der Seite bearbeitet, wobei die Bearbeitungskräfte aus dem Fräsvorgang ohne zusätzliche Bauteilarretierung von der Masse des Rotors aufgenommen werden. Hierdurch kann der gerätetechnische und den Reparaturprozess beeinflussende Aufwand minimiert werden, so dass der Reparaturprozess bedarfsweise am Einsatzort der Turbine selbst durchgeführt werden kann.

[0015] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, welche Lagermittel zur liegenden Lagerung des Rotors umfasst, zeichnet sich dadurch aus, dass eine Fräsvorrichtung mit einem Fräswerkzeug vorgesehen und so positioniert ist, dass die Nut bzw. Tannenbaumnut im Rotor von unten oder von der Seite bearbeitet werden kann. Hierdurch kann auf eine Arbeitsbühne oder Gerätebühne, die den Rotor umgibt oder überbrückt, mit Vorteil verzichtet werden.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0016] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 ein Beispiel für den Rotor einer Niederdruck-Dampfturbine mit einer Laufschaufel, die in einer in axialer Richtung verlaufenden, gekrümmten Tannenbaumnuten in der Rotorscheibe eingeschoben ist;

Fig. 2 in einer vergrösserten Ansicht mehrere der über den Umfang der Rotorscheibe gleichmäßig verteilten Tannenbaumnuten aus Fig. 1;

Fig. 3 in einer schematischen Darstellung das Abfahren einer mit einem Riss behafteten Tannenbaumnut mit einem von einem allseits beweglichen Fräswerkzeugpositioniergerät geführten Tastkopf gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 4 in einer zu Fig. 3 vergleichbaren schematischen Darstellung das Ausfräsen des den Riss enthaltenden Gebietes entlang der zuvor abgetasteten Nutkontur; und

Fig. 5 in einer stark schematisierten Darstellung eine Vorrichtung zur Bearbeitung der rissbehafteten Nuten von unten oder von der Seite gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0017] Mit der vorliegenden Erfindung ist es möglich, einen Nutgrund zu erzeugen, der frei von Rissen ist, wobei eine Verfahrenstechnik genutzt wird, die ohne Einschränkung durch die Nutkontur und Nutbahn anrissgefährdeten Tannenbaumnuten einsetzbar ist, ohne die Nutkontur in ihrer designgemäßen Auslegung zu ändern oder zu erneuern.

[0018] Die erfindungsgemäße Lösung wird bestimmt durch einen Fräsvorgang mittels eines auf die Nutrissform masslich abgestimmten Fräswerkzeuges, das von einer räumlich in bis zu fünf Achsen steuerbaren Werkzeugführung (Fräswerkzeugpositioniergerät 17 in Fig. 3 und 4) entlang der Risskontur geführt wird und dessen Tiefenzustellung beim Fräsvorgang auf die Riss Tiefe abgestimmt ist und die möglichen Risse in Tannenbaumnuten entfernt.

[0019] Der rissfreie neue Nutgrund wird bestimmt, indem zunächst der aktuelle Schadenszustand ermittelt wird, d.h. vorhandene Risse identifiziert werden. Auf Art und Form der Risse abgestimmt wird dann die Fräswerkzeugkontur. Gemäss Fig. 3 erfolgt mittels eines Tastkopfes 18 ein Abfahren der mit einem Riss 21 behafteten Nutkontur mit einem mehrachsig steuerbaren Fräswerkzeugpositioniergerät 17, das sowohl in den drei Raumrichtungen verfahren als auch in verschiedene Richtungen verschwenkt werden kann (Pfeile in Fig. 3) und mit einer Steuerung 23 in Verbindung steht, welche die Bewegung steuert und die abgetastete Nutkontur abspeichert. Die durch den Tastkopf 18 aufgenommene Nutkontur wird ergänzt durch eine Tiefe, bis zu der das Material im Bereich des Risses 21 abgetragen werden muss, um den Riss 21 sicher zu entfernen (gestrichelter Ausarbeitungsbereich 22 in Fig. 3 und 4).

[0020] Ein nachfolgender Austausch des Tastkopfes 18 durch ein auf die Rissform masslich abgestimmtes Fräswerkzeug 20 (Fig. 4) und dessen Führung entlang des Rissverlaufes ermöglicht dessen räumlich frei gestaltbares Ausfräsen ohne Änderung der designkonformen Tannenbaumnut 13 insgesamt. Dabei wird über die abzuarbeitende Risszone im Nutgrund der Tannenbaumnuten 13 ein zum Abtragsprozess der rissbehafteten Nutgrundoberfläche rotierender Fräskörper als Werkzeug geführt. Das Fräswerkzeug 20 wird dazu entlang der zuvor programmierten Tannenbaumnutbahnkontur so geführt, dass diese vom Abspannprozess nicht betroffen ist.

[0021] Das Fräswerkzeug 20 wird durch eine geeignete Antriebseinheit, die ausserhalb der Nut befestigt ist, in der Nut in mehreren Ebenen programmiert steuerbar bewegt. Durch eine variable Bestückung des Werkzeuges mit unterschiedlichen Schneidköpfen oder unterschiedlichen Werkzeugformen können Bearbeitungszonenoberflächenrauhigkeit und das Oberflächenabtragsprofil variiert werden. Die Antriebseinheit kann ein von aussen (oberhalb der Nut) angesetzter drehzahl-steuerbarer Motor sein.

[0022] Für das Abtasten der Nutkontur und das Ausfräsen der Risse ist eine frei positionierbare Vorrichtung zur fünfachsigen Bewegung bzw. Positionierung besonders geeignet, wie sie in der Druckschrift WO-A1-03/037562 offenbart und eingehend beschrieben ist.

[0023] In der Praxis wird ein wegen Anrisse in der Oberfläche der Tannenbaumnut zu reparierender Rotor einer Niederdruck-Dampfturbine waagerecht liegend arretiert (siehe Fig. 1). Ein Fräswerkzeug (20 in Fig. 1) wird entlang dem rissbehafteten Nutgrund der Tannenbaumnut 13 geführt und motorisch angetrieben, wobei ein Abtragsprozess an den Kontaktflächen zwischen Arbeitswerkzeug und Nutgrund als zu bearbeitender Fläche entsteht. Die definiert in Kontur und Tiefe abgetragene Nutflankenoberfläche ist das Ziel des Abtragsprozesses, wobei die abzutragende Oberflächentiefe durch die zuvor oder während des Abtragprozesses ermittelte Rissstiefe vorgegeben ist.

[0024] Das Fräswerkzeug 20 bearbeitet dabei eine durch den Bewegungsraum des Fräswerkzeugpositioniergerätes 17 entlang der Nut begrenzte Nutoberfläche. Um alle mit Rissen behafteten Nuten mittels Abtrag durch Zerspanung von solchen zu befreien, erfolgt eine schrittweise Umpositionierung der Zustellung von Rotor 10 und Fräswerkzeug 20 vorteilhaft mittels einer die Läuferwelle antreibende Planscheibe mit Teilung.

[0025] Besonders einfach und mit erheblich reduziertem Aufwand sowie ggf. direkt am Einsatzort des Rotors lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren durchführen, wenn eine Konfiguration gemäss Fig. 5 eingesetzt wird. Der Rotor 24 ist in diesem Falle oberhalb des Bodens auf zwei Lagerböcken 25 und 26 liegend aufgebockt, sodass die zu bearbeitenden Rotorscheiben 11 mit ihren Schaufelnutten volumänglich von unten oder von der Seite zugänglich sind. Im Beispiel der Fig. 5 ist eine Fräsvorrichtung 27 direkt unterhalb oder seitlich des drehbar gelagerten Rotors 24 platziert. In der Fräsvorrichtung 27 ist wiederum das Fräswerkzeug 20 mit Hilfe eines entsprechenden Fräswerkzeugpositioniergerätes 17, gesteuert durch die Steuerung 23, in der Lage, die Nuten am Rotor in der bereits beschriebenen Weise zu bearbeiten. Die Fräsvorrichtung 27 ist in Fig. 5 nur schematisch dargestellt und kann in der Praxis auf unterschiedliche Art und Weise aufgebaut sein.

Das vorgeschlagene Verfahren hat insgesamt folgende Charakteristika:

[0026]

- Zur Reparatur rissbehafteter Tannenbaumnuten an Niederdruck-Dampfturbinenläufern werden die rissbehafteten Tannenbaumnuten mittels einer räumlich frei beweglichen Fräsanlage im Bereich der Risse nachgefräst, wobei die Risse als solche entfernt werden.
- Die Nutkontur wird im Übergang der Nutflanken in Breite und Radien variabel ausgebildet; sie ist je-

weils vorgegeben durch die Form des Fräswerkzeuges.

- Es können aber auch mit Vorteil in Läufer vormals während des originären Fertigungsprozesses eingebrachte rissanfällige Nutformen nachträglich durch Fräsbearbeitung in rissresistente Nutformen umgestaltet werden.
- Vorzugsweise wird die motorisch angetriebene Werkzeugführung unterhalb oder neben der zu bearbeitenden Turbinenwelle positioniert, was herkömmliche den Bediener oder die Maschine zu positionierende Bühnen oder Gerüste erübrigt. Voraussetzung dafür ist, dass die Läufermasse hinreichend gross ist, um die Bearbeitungskräfte aus dem Fräsvorgang ohne zusätzliche aufwändige Bauteilarreierung aufzunehmen.

BEZUGSZEICHENLISTE

20 [0027]

10,24	Rotor (Niederdruckturbine)
11	Rotorscheibe
12	Achse
25	13 Tannenbaumnut
14	Zahn
15	Zacke
16	Zackengrund
17	Fräswerkzeugpositioniergerät
30	18 Tastkopf
19	Schaufel
20	Fräswerkzeug
21	Riss
22	Ausarbeitungsbereich
35	23 Steuerung
25,26	25,26 Lagerbock
27	27 Fräsvorrichtung

40 Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten von zur Aufnahme von Schaufeln (19) vorgesehenen Nuten, insbesondere Tannenbaumnuten (13), an einem Rotor (10, 24) einer Turbine, insbesondere einer Niederdruckdampfturbine, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Nuten bzw. Tannenbaumnuten (13) mittels einer programmgesteuerten Fräsvorrichtung (17, 20; 27) Material abgetragen wird, wobei die Fräsvorrichtung (17, 20; 27) mit einem Fräswerkzeug (20) in die Nut bzw. Tannenbaumnut (13) eintaucht, welches von einem im Raum frei beweglichen Fräswerkzeugpositioniergerät (17) an den zu bearbeitenden Stellen in der Nut bzw. Tannenbaumnut (13) entlang geführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Bearbeitung die Form der

- gesamten Nut bzw. Tannenbaumnut (13) derart verändert wird, dass sie gegenüber der unveränderten Form weniger rissanfällig ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zunächst die Nuten bzw. Tannenbaumnuten (13) auf das Vorhandensein von Rissen (21) untersucht werden, dass die mit Rissen (21) behafteten Nuten bzw. Tannenbaumnuten (13) mit einem Tastkopf (18) abgefahren werden, dass jeweils ein auf die Rissform abgestimmtes Fräswerkzeug (20) ausgewählt wird, dass die Tiefe des zur Entfernung des Risses auszuarbeitenden Gebietes bestimmt wird, und dass das den Riss enthaltende Gebiet nach Massgabe der abgetasteten Nutkontur bis zur vorbestimmten Tiefe mit dem ausgewählten Fräswerkzeug (20) abgetragen wird. 5
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Abfahren der mit Rissen (21) behafteten Nuten bzw. Tannenbaumnuten (13) der Tastkopf (18) mittels des Fräswerkzeugpositioniergeräts (17) verfahren wird. 10
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fräswerkzeug (20) entlang einer zuvor programmierten Nutbahnkontur durchgeführt wird, ohne die Form der Nut bzw. Tannenbaumnut insgesamt zu ändern. 15
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fräswerkzeug (20) durch eine ausserhalb der Nut bzw. Tannenbaumnut (13) angeordnete Antriebseinheit (17) angetrieben und/oder bewegt wird. 20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ausarbeitung des den Riss enthaltenden Gebietes nacheinander mehrere Fräswerkzeuge mit unterschiedlichen Schneidköpfen und/oder Werkzeugformen verwendet werden. 25
8. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fräswerkzeug (20) in der Nut bzw. Tannenbaumnut (13) in mehreren Ebenen programmiert steuerbar bewegt wird. 30
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (10, 24) auf Lagermitteln (25, 26) aufliegend gelagert wird, und dass die Fräsvorrichtung (17, 20; 27) mit einem Fräswerkzeug (20) die Nut bzw. Tannenbaumnut (13) von unten oder von der Seite bearbeitet, wobei die Bearbeitungskräfte aus dem Fräsvorgang ohne zusätzliche Bauteilarretierung von der Masse des Rotors (10, 24) aufgenommen werden. 35
10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, welche Vorrichtung Lagermittel (25, 26) zur liegenden Lagerung des Rotors (10, 24) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Fräsvorrichtung (17, 20; 27) mit einem Fräswerkzeug (20) vorgesehen und so positioniert ist, dass die Nut bzw. Tannenbaumnut (13) im Rotor von unten oder von der Seite bearbeitet werden kann. 40
- Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.**
1. Verfahren zum nachträglichen Bearbeiten von zur Aufnahme von Schaufeln (19) vorgesehenen Nuten, insbesondere Tannenbaumnuten (13), an einem Rotor (10, 24) einer Turbine, insbesondere einer Niederdruckdampfturbine, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Nuten bzw. Tannenbaumnuten (13) mittels einer programmgesteuerten Fräsvorrichtung (17, 20; 27) Material abgetragen wird, wobei die Fräsvorrichtung (17, 20; 27) mit einem Fräswerkzeug (20) in die Nut bzw. Tannenbaumnut (13) eintaucht, welches von einem im Raum frei beweglichen Fräswerkzeugpositioniergerät (17) an den zu bearbeitenden Stellen in der Nut bzw. Tannenbaumnut (13) entlang geführt wird. 45
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Bearbeitung die Form der gesamten Nut bzw. Tannenbaumnut (13) derart verändert wird, dass sie gegenüber der unveränderten Form weniger rissanfällig ist. 50
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zunächst die Nuten bzw. Tannenbaumnuten (13) auf das Vorhandensein von Rissen (21) untersucht werden, dass die mit Rissen (21) behafteten Nuten bzw. Tannenbaumnuten (13) mit einem Tastkopf (18) abgefahren werden, dass jeweils ein auf die Rissform abgestimmtes Fräswerkzeug (20) ausgewählt wird, dass die Tiefe des zur Entfernung des Risses auszuarbeitenden Gebietes bestimmt wird, und dass das den Riss enthaltende Gebiet nach Massgabe der abgetasteten Nutkontur bis zur vorbestimmten Tiefe mit dem ausgewählten Fräswerkzeug (20) abgetragen wird. 55
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Abfahren der mit Rissen (21) behafteten Nuten bzw. Tannenbaumnuten (13) der Tastkopf (18) mittels des Fräswerkzeugpositioniergeräts (17) verfahren wird. 60
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fräswerkzeug (20) entlang einer zuvor programmierten Nutbahnkontur

durchgeführt wird, ohne die Form der Nut bzw. Tannenbaumnut insgesamt zu ändern.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Fräswerkzeug (20) durch eine ausserhalb der Nut bzw. Tannenbaumnut (13) angeordnete Antriebseinheit (17) angetrieben und/oder bewegt wird. 5

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausarbeitung des den Riss enthaltenden Gebietes nacheinander mehrere Fräswerkzeuge mit unterschiedlichen Schneidkörpern und/oder Werkzeugformen verwendet werden. 10 15

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Fräswerkzeug (20) in der Nut bzw. Tannenbaumnut (13) in mehreren Ebenen programmiert steuerbar bewegt wird. 20

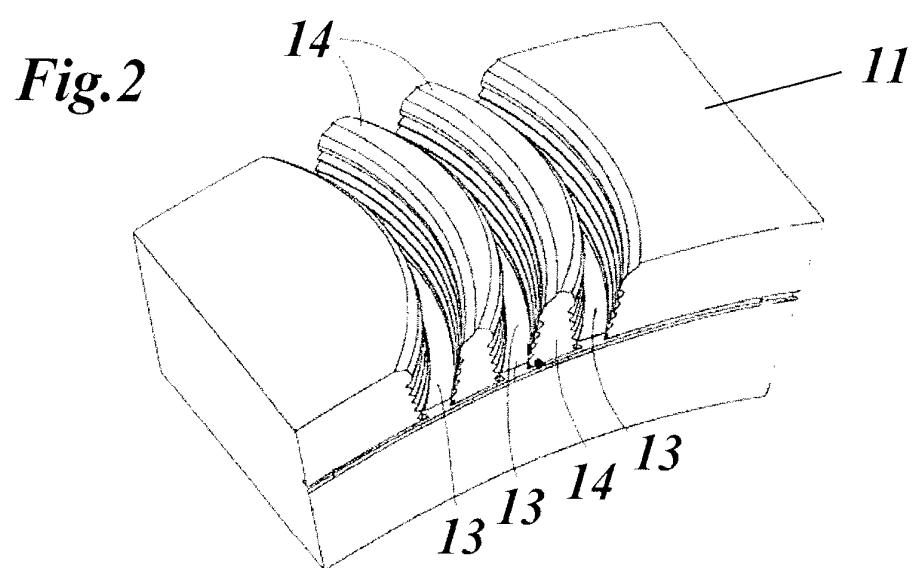
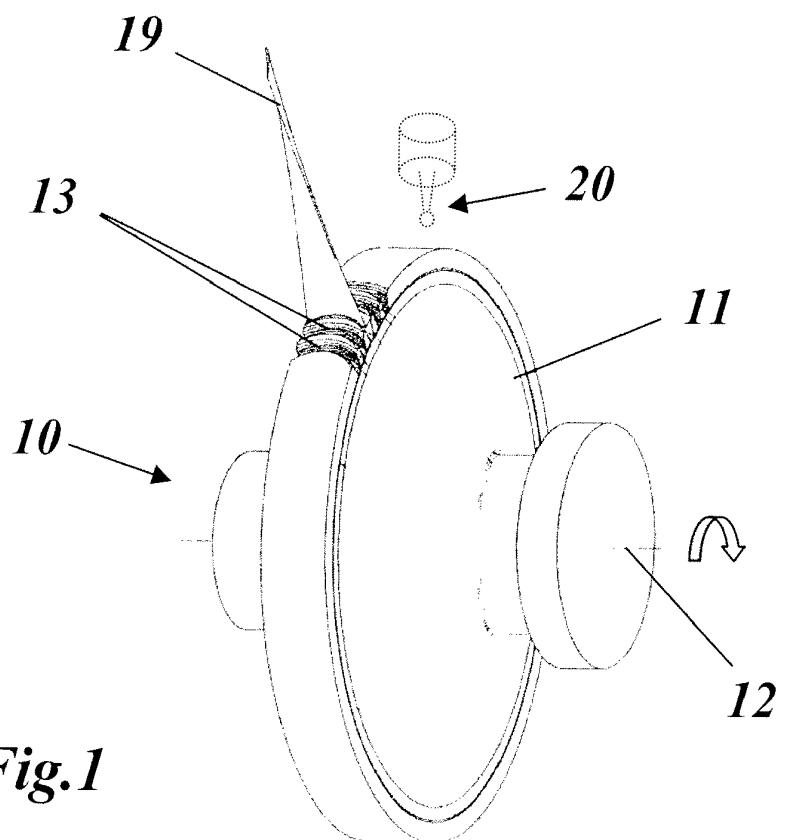
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (10, 24) auf Lagermitteln (25, 26) aufliegend gelagert wird, und dass die Fräsvorrichtung (17, 20; 27) mit einem Fräswerkzeug (20) die Nut bzw. Tannenbaumnut (13) von unten oder von der Seite bearbeitet, wobei die Bearbeitungskräfte aus dem Fräsvorgang ohne zusätzliche Bauteilarretierung von der Masse des Rotors (10, 24) aufgenommen werden. 25 30

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, welche Vorrichtung Lagermittel (25, 26) zur aufliegenden Lagerung des Rotors (10, 24) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fräsvorrichtung (17, 20; 27) mit einem Fräswerkzeug (20) vorgesehen und so positioniert ist, dass die Nut bzw. Tannenbaumnut (13) im Rotor von unten oder von der Seite bearbeitet werden kann. 35 40

45

50

55



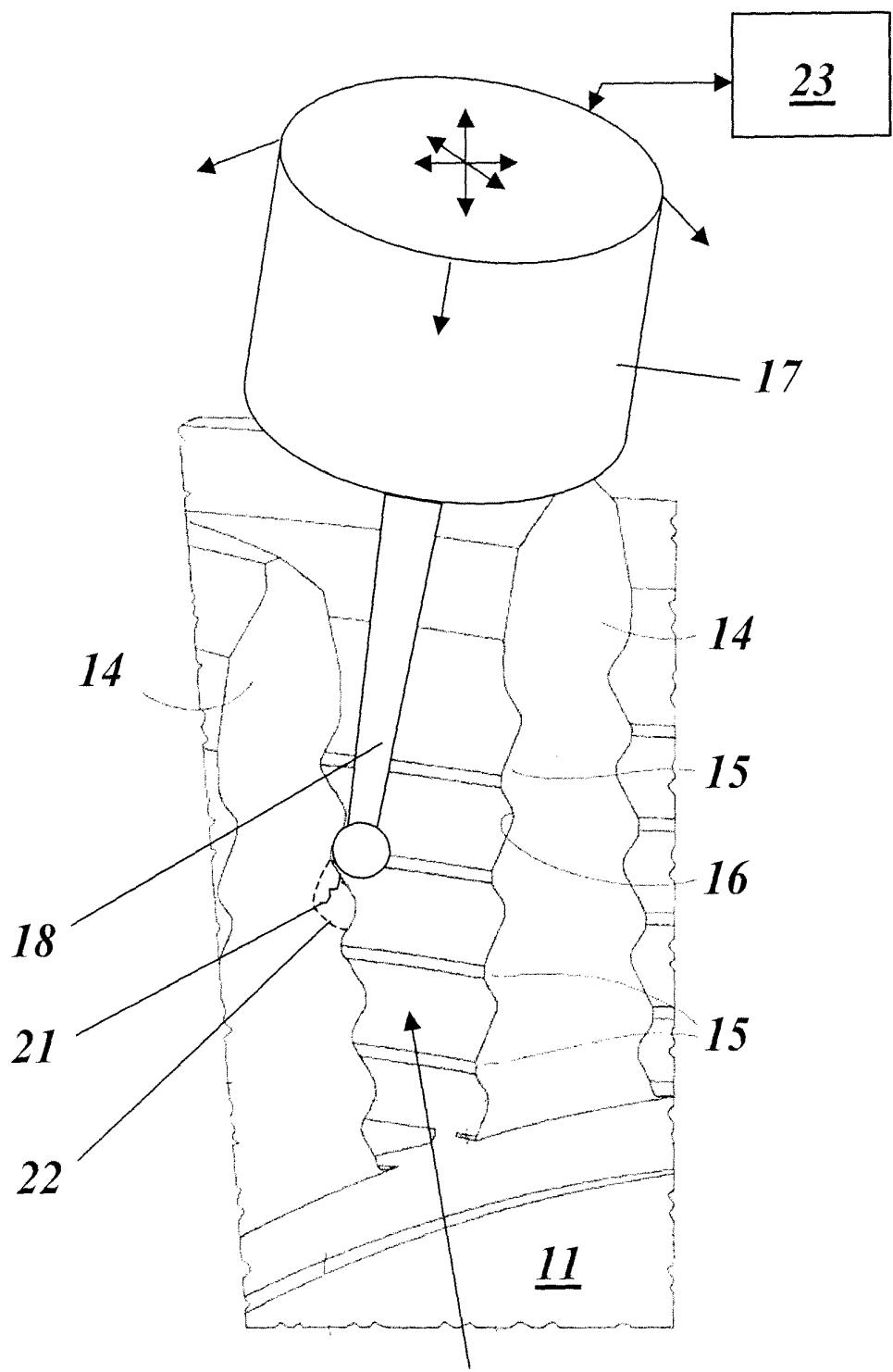


Fig.3

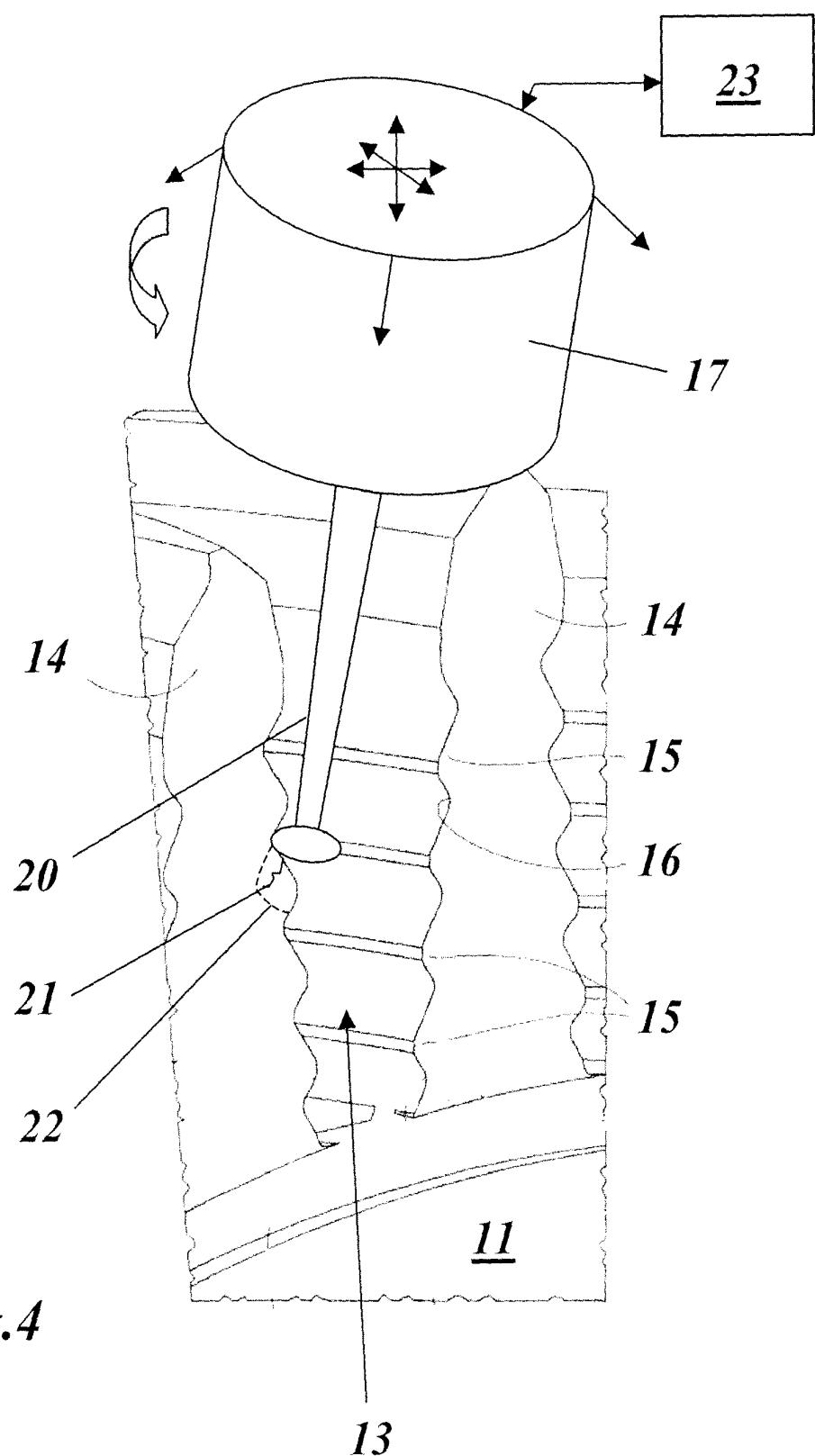


Fig.4

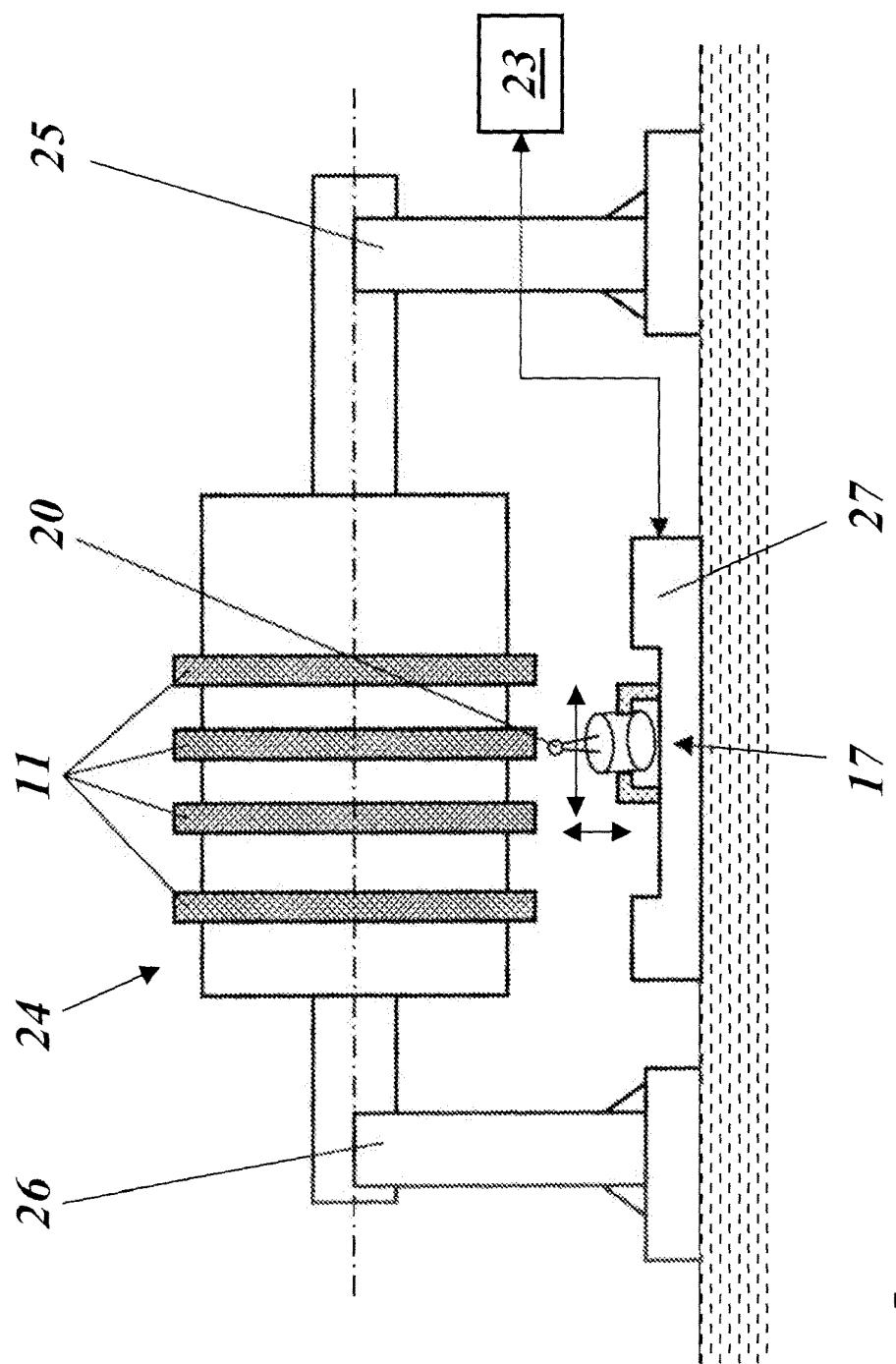


Fig.5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 10 15 4190

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 500 453 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 26. Januar 2005 (2005-01-26) * Absatz [0001] - Absatz [0013]; Abbildungen 1-7 * -----	1-9	INV. B23C3/18 B23C3/30 B23C3/34 B23P15/00
X	WO 03/064089 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]; KILLER FRANZ [CH]; SCHERER JOSEF [DE]) 7. August 2003 (2003-08-07) * Seite 10, Zeile 1 - Seite 18, Zeile 26 * * Abbildungen 1-7 * -----	10	
X	DE 198 06 608 A1 (M B A GMBH [DE]) 2. September 1999 (1999-09-02) * Spalte 3, Zeile 24 - Spalte 5, Zeile 50; Abbildung 1 * -----	10	
X	WO 2007/118771 A1 (SULZER MARKETS & TECHNOLOGY AG [CH]; FREI SIEGFRIED [CH]; JAHNNEN WERNE) 25. Oktober 2007 (2007-10-25) * Seite 12, Zeile 9 - Seite 15, Zeile 25 * * Abbildung 1 * -----	10	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
			B23P B23C
1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		30. September 2010	Mioc, Marius
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 Anmeldeatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 10 15 4190

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 Orientierung und erfolgen ohne Gewähr.

30-09-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1500453	A1	26-01-2005	CN 1575926 A DE 602004000740 T2 JP 3989924 B2 JP 2005042728 A KR 20050012119 A PL 369111 A1 SG 118250 A1 US 2005015983 A1	09-02-2005 15-03-2007 10-10-2007 17-02-2005 31-01-2005 07-02-2005 27-01-2006 27-01-2005
WO 03064089	A1	07-08-2003	CH 695442 A5 CN 1646247 A DE 10258260 A1 EP 1472031 A1 JP 2005515907 T US 2005186045 A1	31-05-2006 27-07-2005 28-08-2003 03-11-2004 02-06-2005 25-08-2005
DE 19806608	A1	02-09-1999	KEINE	
WO 2007118771	A1	25-10-2007	AT 454237 T EP 2012957 A1 US 2009182449 A1	15-01-2010 14-01-2009 16-07-2009

EPO-FORM P0451

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 102007055842 A1 [0002]
- WO 0196055 A1 [0002]
- WO 03037562 A1 [0022]