



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.01.2016 Patentblatt 2016/01**

(51) Int Cl.:  
**F01D 5/22<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14175610.6**

(22) Anmeldetag: **03.07.2014**

(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)**

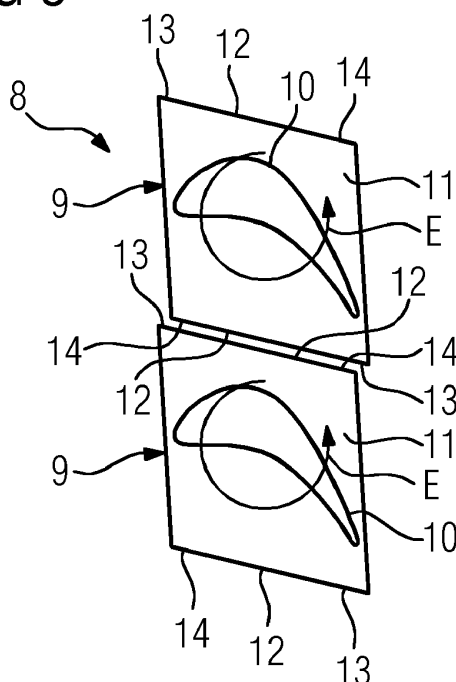
(72) Erfinder:  
 • **Kumm, Benjamin**  
**45128 Essen (DE)**  
 • **Rehnsch, Andreas**  
**45133 Essen (DE)**

(54) **Zeitweiliges Koppeln von benachbart zueinander angeordneten Laufschaufeln**

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung (19) zum zeitweiligen Koppeln von zwei benachbart zueinander an einem Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, angeordneten Laufschaufeln (9), aufweisend wenigstens eine an einem Schaufelblatt (10) der einen Laufschaufel (9) anordbare Kopplungseinheit (11, 15) und wenigstens eine an einem Schaufelblatt (10) der anderen Laufschaufel (9) anordbare weitere

Kopplungseinheit (11, 15), dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinheiten (11, 15) derart ausgebildet sind, dass sie bis zum Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl ( $n_E$ ) aneinander koppeln und ab Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl ( $n_E$ ) aufgrund einer dadurch bedingten Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter (10) der Laufschaufeln (9) und einer dadurch bedingten Verlagerung der Kopplungseinheiten (11, 15) voneinander entkoppeln.

**FIG 5**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum zeitweiligen Koppeln von zwei benachbart zueinander an einem Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, angeordneten Laufschaufeln, aufweisend wenigstens eine an einem Schaufelblatt der einen Laufschaufel anordbare Kopplungseinheit und wenigstens eine an einem Schaufelblatt der anderen Laufschaufel anordbare weitere Kopplungseinheit.

**[0002]** Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Laufschaufel für einen Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, aufweisend ein Schaufelblatt und wenigstens eine an dem Schaufelblatt angeordnete Kopplungseinheit zum zeitweiligen Koppeln der Laufschaufel an eine benachbart zu der Laufschaufel an dem Läufer anordbare, gleich ausgebildete weitere Laufschaufel.

**[0003]** Auch betrifft die Erfindung eine Läuferereinheit für eine Fluidenergiemaschine, insbesondere eine Gasturbine, eine Dampfturbine, einen Verdichter oder dergleichen, aufweisend einen Läufer und mehrere umfänglich an dem Läufer angeordnete Laufschaufeln.

**[0004]** Zudem betrifft die Erfindung eine Fluidenergiemaschine, insbesondere eine Gasturbine, eine Dampfturbine, einen Verdichters oder dergleichen.

**[0005]** Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Koppeln von zwei benachbart zueinander an einem Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, angeordneten, aneinander gekoppelten Laufschaufeln.

**[0006]** Beim Betrieb einer Fluidenergiemaschine, beispielsweise einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, werden beim Ändern der Drehzahl eines Läufers der Fluidenergiemaschine, beispielsweise beim An- und Abfahren, Läuferdrehzahlen durchlaufen, bei denen Eigenfrequenzen von an dem Läufer angeordneten Laufschaufeln mit Drehzahlharmonischen des Läufers zusammenfallen, wodurch die Laufschaufeln in Resonanz laufen.

**[0007]** Durch einen entsprechenden Resonanzzustand einer Laufschaufel wird die Laufschaufel zu Schwingungen angeregt, wobei die Anregung der Laufschaufel von der jeweiligen Schwingungsart der Laufschaufel und einem gegebenen Vielfachen der jeweiligen Drehzahl des Läufers abhängt.

**[0008]** Um die genannten Resonanzzustände von Laufschaufeln weitestgehend vermeiden zu können, werden Eigenfrequenzen von Laufschaufeln bei der Auslegung der Laufschaufeln bei Nenndrehzahl derart abgestimmt, dass möglichst keine Eigenfrequenz einer Laufschaufel mit einer Drehzahlharmonischen eines Läufers in Resonanz liegt. Dennoch schneiden die Eigenfrequenzen der Laufschaufeln beim transienten Betrieb einer Fluidenergiemaschine, also bei An- oder Ab-

fahrt, zwangsläufig die Drehzahlharmonischen des Läufers, wodurch die Laufschaufeln wenigstens einen einer Resonanzstelle zugeordneten Resonanzzustand durchlaufen.

**[0009]** Um derartige Resonanzen insbesondere von niedrigen Eigenfrequenzen von Laufschaufeln mit Drehzahlharmonischen des Läufers zu vermeiden, kann eine Laufschaufel beispielsweise derart ausgebildet werden, dass zumindest eine Eigenfrequenz der Laufschaufel keine Drehzahlharmonische des Läufers schneidet. Dies gelingt technisch effizient allerdings nur bis zu einer beschränkten Laufschaufellänge.

**[0010]** Des Weiteren können Kopplungselemente verwendet werden, um einen an einem Läufer umfänglich angeordneten Laufschaufelverband in sich zu koppeln und hierdurch zumindest eine Eigenfrequenz des Laufschaufelverbundes deutlich zu steigern. Als Kopplungselemente können beispielsweise Deckplatten, Dämpferdrähte oder sogenannte "Snubber" eingesetzt werden. Letzteres ist beispielsweise aus US 2011/0194939 A1 und US 2011/0142650 A1 bekannt.

**[0011]** Herkömmliche Deckplatten und Snubber sind derart ausgelegt, dass diese im Stillstand einer Fluidenergiemaschine nicht in Kontakt miteinander stehen und erst ab einer bestimmten Drehzahl des Läufers der Fluidenergiemaschine in Kontakt miteinander kommen und hierdurch den umfänglich an dem Läufer angeordneten Laufschaufelverbund in sich koppeln. Ursächlich für diesen Effekt sind eine Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter der Laufschaufeln und eine dadurch bewirkte Verlagerung der Kopplungselemente. Durch die Kopplung der Laufschaufeln steigen die Eigenfrequenzen der Laufschaufeln deutlich an, wodurch ein Resonanzdurchgang zumindest einer Eigenfrequenz der Laufschaufeln durch eine Drehzahlharmonische des Läufers vermieden werden kann. Dies ist schematisch in Figur 1 dargestellt, welche ein Diagramm zeigt, bei dem die Drehzahl  $n$  eines Läufers auf der Abszisse gegen die Eigenfrequenz  $f_E$  einer Laufschaufel auf der Ordinate aufgetragen ist. Es sind Drehzahlharmonische 1, 5, 6, 7 des Läufers, die erste Eigenfrequenz 2 der Laufschaufel, die zweite Eigenfrequenz 3 der Laufschaufel und die dritte Eigenfrequenz 4 der Laufschaufel dargestellt. Die Schnittpunkte der Eigenfrequenzen 2 und 3 der Laufschaufel mit den Drehzahlharmonischen 6 bzw. 7 des Läufers symbolisieren Resonanzstellen der Eigenfrequenzen 2 und 3 der Laufschaufeln mit den Drehzahlharmonischen 6 bzw. 7 des Läufers. Ab einer bestimmten Drehzahl  $n_K$  des Läufers erfolgt eine Kopplung der an dem Läufer angeordneten Laufschaufeln miteinander.

**[0012]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine neue technische Möglichkeit zur Vermeidung eines Resonanzdurchgangs von wenigstens einer Eigenfrequenz von umfänglich an einem Läufer einer Fluidenergiemaschine angeordneten Laufschaufeln durch zumindest eine relevante Drehzahlharmonische des Läufers zu schaffen.

**[0013]** Die erfindungsgemäße Anordnung zum zeitweiligen Koppeln von zwei benachbart zueinander an

einem Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, angeordneten Laufschaufeln, umfasst wenigstens eine an einem Schaufelblatt der einen Laufschaufel anordbare Kopplungseinheit und wenigstens eine an einem Schaufelblatt der anderen Laufschaufel anordbare weitere Kopplungseinheit, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinheiten derart ausgebildet sind, dass sie bis zum Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl aneinander koppeln und ab Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl aufgrund einer dadurch bedingten Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter der Laufschaufeln und einer dadurch bedingten Verlagerung der Kopplungseinheiten voneinander entkoppeln.

**[0014]** Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Stand der Technik erfolgt gemäß der Erfindung ab einer vorgebbaren Läuferdrehzahl statt einer Kopplung von ungekoppelten Laufschaufeln eine Entkopplung von gekoppelten Laufschaufeln. Erreicht wird dies durch die Ausnutzung der im Betrieb einer Fluidenergiemaschine zwangsläufig auftretenden Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter der Laufschaufeln und einer speziellen Ausbildung der Kopplungseinheiten. Die Eigenfrequenzen der bei niedrigen Läuferdrehzahlen über die Kopplungseinheiten aneinander gekoppelten Laufschaufeln liegen bis zur erfindungsgemäßen Entkopplung der Laufschaufeln auf einem relativ hohen Niveau. Ab dem erfindungsgemäßen Entkoppeln der Laufschaufeln ab Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl fallen die Eigenfrequenzen der Laufschaufeln sprunghaft ab. Dies ist schematisch in Figur 2 dargestellt. Bei einer bestimmten Drehzahl  $n_E$  des Läufers erfolgt eine Entkopplung der an dem Läufer angeordneten Laufschaufeln. Hierdurch wird ein Resonanzdurchgang von Eigenfrequenzen der Laufschaufeln durch Drehzahlharmonische des Läufers, beispielsweise bis zum Erreichen der Nenndrehzahl des Läufers, wirksam vermieden.

**[0015]** Bevorzugt weist jede Kopplungseinheit eine radiale Kopplungsfläche auf, über welche die Kopplungseinheiten aneinander koppelbar sind, wobei ein in Entwindungsrichtung des Schaufelblatts der jeweiligen Laufschaufel vorauslaufender Abschnitt der Kopplungsfläche weiter von dem Schaufelblatt entfernt ist als ein in Entwindungsrichtung des Schaufelblatts nachlaufender Abschnitt der Entkopplungsfläche. Hierdurch kann zum Koppeln der Kopplungseinheiten ein Formschluss zwischen den Kopplungseinheiten ausgebildet werden. Dadurch, dass ein in Entwindungsrichtung des Schaufelblatts der jeweiligen Laufschaufel vorauslaufender Abschnitt der Kopplungsfläche weiter von dem Schaufelblatt entfernt ist als ein in Entwindungsrichtung des Schaufelblatts nachlaufender Abschnitt der Entkopplungsfläche, kann bei auftretender Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter der Laufschaufeln eine Entkopplung der Kopplungseinheiten erfolgen, indem sich die Kopplungsflächen durch die mit der Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter verbundene Verlagerung bzw. Drehung der Kopplungseinheiten voneinander entfernen. Die

Kopplungsflächen können eben, gewölbt oder wellenförmig ausgebildet sein. Alternativ oder zusätzlich können an aneinander koppelnden Kopplungsflächen auch mechanisch in Eingriff miteinander bringbare Mittel vorhanden sein, welche durch eine Verlagerung bzw. Drehung der Kopplungseinheiten außer Eingriff miteinander gebracht werden. Zudem können beispielsweise magnetfelderzeugende Mittel an Kopplungseinheiten vorhanden sein, welche in Richtung einer Koppelstellung eine rückstellende Kraft auf entkoppelte Kopplungseinheiten ausüben.

**[0016]** Wenigstens eine Kopplungseinheit ist bevorzugt plattenförmig ausgebildet und weist eine Fläche auf, welche größer als die Querschnittsfläche des Schaufelblatts der jeweiligen Laufschaufel ausgebildet ist, wobei das Schaufelblatt derart mit einem mittleren Bereich der Fläche der Kopplungseinheit verbindbar ist, dass sich die Kopplungseinheit quer zu dem Schaufelblatt erstreckt. Die plattenförmig ausgebildete Kopplungseinheit kann hierbei derart ausgebildet sein, dass über sie eine Laufschaufel mit zwei benachbart zu der Laufschaufel angeordneten Laufschaufeln entsprechend gekoppelt werden kann. Die Kopplungseinheit kann mit einem freien Ende des Schaufelblatts der jeweiligen Laufschaufel oder mit einem mittleren Abschnitt des Schaufelblatts verbunden werden. Es können auch alle Kopplungseinheiten der Anordnung entsprechend, insbesondere identisch, plattenförmig ausgebildet sein.

**[0017]** Bevorzugt ist die Fläche der Kopplungseinheit als Parallelogramm mit unterschiedlich langen Diagonalen ausgebildet. Eine Seite des Parallelogramms kann die Kopplungsfläche der Kopplungseinheit ausbilden. Durch die Wahl eines Parallelogramms mit unterschiedlich langen Diagonalen kann bei auftretender Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter der Laufschaufeln eine Entkopplung der Kopplungseinheiten erfolgen, indem sich die Kopplungsflächen durch die mit der Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter verbundene Verlagerung bzw. Drehung der Kopplungseinheiten voneinander entfernen.

**[0018]** Wenigstens eine Kopplungseinheit ist bevorzugt stabförmig ausgebildet, wobei das Schaufelblatt der jeweiligen Laufschaufel mit einem Ende der Kopplungseinheit verbindbar ist oder wobei die Kopplungseinheit durch das Schaufelblatt der jeweiligen Laufschaufel verlaufend an dem Schaufelblatt anordbar ist. Es können auch alle Kopplungseinheiten der Anordnung stabförmig ausgebildet sein. Eine stabförmig ausgebildete Kopplungseinheit kann ähnlich einem Snubber ausgebildet sein.

**[0019]** Die erfindungsgemäße Laufschaufel für einen Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, umfasst ein Schaufelblatt und wenigstens eine an dem Schaufelblatt angeordnete Kopplungseinheit zum zeitweiligen Koppeln der Laufschaufel an eine benachbart zu der Laufschaufel an dem Läufer anordbare, gleich ausgebildete weitere Laufschaufel, dadurch

gekennzeichnet, dass die Kopplungseinheit derart ausgebildet ist, dass sie bis zum Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl an die Kopplungseinheit der weiteren Laufschaufel koppelt und ab Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl aufgrund einer dadurch bedingten Fliehkraftentwindung des Schaufelblatts und einer dadurch bedingten Verlagerung der Kopplungseinheit von der Kopplungseinheit der weiteren Laufschaufel entkoppelt. Mit dieser Laufschaufel sind die oben mit Bezug auf die Anordnung genannten Vorteile entsprechend verbunden.

**[0020]** Bevorzugt weist die Kopplungseinheit eine radiale Kopplungsfläche auf, über welche die Kopplungseinheit an die Kopplungseinheit der weiteren Laufschaufel koppelbar ist, wobei ein in Entwindungsrichtung des Schaufelblatts vorauslaufender Abschnitt der Kopplungsfläche weiter von dem Schaufelblatt entfernt ist als ein in Entwindungsrichtung des Schaufelblatts nachlaufender Abschnitt der Entkopplungsfläche. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung der Anordnung genannten Vorteile entsprechend verbunden.

**[0021]** Die Kopplungseinheit ist bevorzugt plattenförmig ausgebildet und weist eine Fläche auf, welche größer als die Querschnittsfläche des Schaufelblatts ausgebildet ist, wobei das Schaufelblatt derart mit einem mittleren Bereich der Fläche der Kopplungseinheit verbunden ist, dass sich die Kopplungseinheit quer zu dem Schaufelblatt erstreckt. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung der Anordnung genannten Vorteile entsprechend verbunden.

**[0022]** Die Fläche der Kopplungseinheit ist bevorzugt als Parallelogramm mit unterschiedlich langen Diagonalen ausgebildet. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung der Anordnung genannten Vorteile entsprechend verbunden.

**[0023]** Bevorzugt ist die Kopplungseinheit stabförmig ausgebildet, wobei das Schaufelblatt mit einem Ende der Kopplungseinheit verbunden ist oder wobei die Kopplungseinheit durch das Schaufelblatt verlaufend an dem Schaufelblatt angeordnet ist. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung der Anordnung genannten Vorteile entsprechend verbunden.

**[0024]** Die erfindungsgemäße Läuferereinheit für eine Fluidenergiemaschine, insbesondere eine Gasturbine, eine Dampfturbine, einen Verdichter oder dergleichen, umfasst einen Läufer und mehrere umfänglich an dem Läufer angeordnete Laufschaufeln, wobei wenigstens zwei benachbart zueinander angeordnete Laufschaufeln gemäß einer der vorgenannten Ausgestaltungen oder einer beliebigen Kombination derselben ausgebildet sind. Mit dieser Läuferereinheit sind die oben mit Bezug auf die Anordnung bzw. die Laufschaufel genannten Vorteile entsprechend verbunden. Vorzugsweise sind alle Laufschaufeln der Läuferereinheit entsprechend ausgebildet.

**[0025]** Die erfindungsgemäße Fluidenergiemaschine, insbesondere Gasturbine, Dampfturbine, Verdichter

oder dergleichen, umfasst wenigstens eine vorgenannte Läuferereinheit. Hiermit sind die oben mit Bezug auf die Anordnung bzw. die Laufschaufel genannten Vorteile entsprechend verbunden.

**[0026]** Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Koppeln von zwei benachbart zueinander an einem Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, angeordneten, aneinander gekoppelten Laufschaufeln, werden die Laufschaufeln ab Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl voneinander entkoppelt. Mit diesem Verfahren sind die oben mit Bezug auf die Anordnung bzw. die Laufschaufel genannten Vorteile entsprechend verbunden.

**[0027]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Läuferereinheit anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert.

**[0028]** Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm bezüglich einer herkömmlichen zeitweiligen Kopplung von Laufschaufeln,

Fig. 2 ein Diagramm bezüglich einer erfindungsgemäßen zeitweiligen Kopplung von Laufschaufeln,

Fig. 3 ein Diagramm bezüglich der Abhängigkeit der Eigenfrequenzen einer ungekoppelten Laufschaufel von der Drehzahl eines mit der Laufschaufel versehenen Läufers,

Fig. 4 eine Detaildarstellung einer Draufsicht auf eine beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Läuferereinheit vor dem Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl,

Fig. 5 eine Detaildarstellung einer Draufsicht auf die in Figur 4 gezeigte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Läuferereinheit ab dem Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl,

Fig. 6 eine Detaildarstellung einer Draufsicht auf eine weitere beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Läuferereinheit vor dem Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl, und

Fig. 7 eine Detaildarstellung einer Draufsicht auf die in Figur 6 gezeigte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Läuferereinheit ab dem Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl.

**[0029]** Figur 3 zeigt ein beispielhaftes Diagramm, bei dem die Drehzahl  $n$  eines Läufers auf der Abszisse gegen die Eigenfrequenz  $f_E$  einer Laufschaufel auf der Ordinate aufgetragen ist. Die Drehzahlharmonische 1 des Läufers wird von keiner Eigenfrequenz 2, 3 oder 4 der Laufschaufel geschnitten. Die erste Eigenfrequenz 2 der Lauf-

schaufel schneidet die Drehzahlharmonischen 5, 6 und 7 des Läufers. Die zweite Eigenfrequenz 3 der Laufschaufel schneidet die Drehzahlharmonischen 6 und 7 des Läufers. Die dritte Eigenfrequenz 4 der Laufschaufel schneidet die Drehzahlharmonische 7 des Läufers. Diese Schnittpunkte symbolisieren Resonanzstellen der Eigenfrequenzen 2, 3 und 4 der Laufschaufeln mit den Drehzahlharmonischen 5, 6 bzw. 7 des Läufers.

**[0030]** Figur 4 zeigt eine Detaildarstellung einer Draufsicht auf eine beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Läuferinheit 8 für eine nicht näher dargestellte Fluidenergiemaschine, insbesondere eine Gasturbine, eine Dampfturbine, einen Verdichter oder dergleichen. Die Läuferinheit 8 umfasst einen nicht gezeigten Läufer und mehrere umfänglich an dem Läufer angeordnete, gleich ausgebildete Laufschaufeln 9, wobei in den Figuren 4 bis 7 lediglich zwei benachbart zueinander angeordnete Laufschaufeln 9 dargestellt sind.

**[0031]** Jede Laufschaufel 9 umfasst ein Schaufelblatt 10 und eine an dem Schaufelblatt 10 angeordnete Kopplungseinheit 11 zum zeitweiligen Koppeln der Laufschaufel 9 an eine benachbart zu der Laufschaufel 9 an dem Läufer angeordnete, gleich ausgebildete weitere Laufschaufel 9. Die Kopplungseinheiten 11 sind Teile einer Anordnung 19 zum zeitweiligen Koppeln der benachbart zueinander an dem Läufer angeordneten Laufschaufeln 9.

**[0032]** Jede Kopplungseinheit 11 ist plattenförmig ausgebildet und weist eine Fläche auf, welche größer als die Querschnittsfläche des Schaufelblatts 10 der jeweiligen Laufschaufel 9 ausgebildet ist. Ein Schaufelblatt 10 einer Laufschaufel 9 ist derart mit einem mittleren Bereich der Fläche der Kopplungseinheit 11 der Laufschaufel 9 verbunden, dass sich die Kopplungseinheit 11 quer zu dem Schaufelblatt 10 erstreckt. Die Fläche jeder Kopplungseinheit 11 ist als Parallelogramm mit unterschiedlich langen Diagonalen ausgebildet.

**[0033]** Die Kopplungseinheiten 11 sind somit derart ausgebildet, dass sie bis zum Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl  $n_E$  an die Kopplungseinheiten 11 der jeweils benachbarten Laufschaufeln 9 koppeln und ab Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl  $n_E$  aufgrund einer dadurch bedingten Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter 10 und einer dadurch bedingten Verlagerung bzw. Drehung der Kopplungseinheiten 11 von den Kopplungseinheiten 11 der jeweils benachbarten Laufschaufeln 9 entkoppeln.

**[0034]** Jede Kopplungseinheit 11 weist eine radiale Kopplungsfläche 12 auf, über welche die jeweilige Kopplungseinheit 11 an die Kopplungseinheiten 11 der jeweils benachbarten Laufschaufeln 9 koppelbar ist. Ein in Entwindungsrichtung E des jeweiligen Schaufelblatts 10 vorauslaufender Abschnitt 13 der Kopplungsfläche 12 ist weiter von dem Schaufelblatt 10 entfernt ist als ein in Entwindungsrichtung E des Schaufelblatts 10 nachlaufender Abschnitt 14 der Kopplungsfläche 12.

**[0035]** Figur 5 zeigt eine Detaildarstellung einer Draufsicht auf die in Figur 4 gezeigte Ausführungsform einer

erfindungsgemäßen Läuferinheit 8 ab dem Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl  $n_E$ . Durch die Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter 10 der Laufschaufeln 9 sind die Kopplungseinheiten 11 verlagert bzw. im Gegenuhrzeigersinn gedreht worden, wodurch die Kopplungsflächen 12 von Kopplungseinheiten 11 von benachbart zueinander angeordneten Laufschaufeln 9 sich voneinander entfernt haben. Hierdurch sind die Laufschaufeln 9 voneinander entkoppelt.

**[0036]** Figur 6 zeigt eine Detaildarstellung einer Draufsicht auf eine weitere beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Läuferinheit 8 vor dem Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl  $n_E$ . Im Unterschied zu dem in den Figuren 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiel weisen die Laufschaufeln 9 stabförmig ausgebildete Kopplungseinheiten 15 auf, wobei die Kopplungseinheiten 15 durch die Schaufelblätter 10 verlaufend an den Schaufelblättern 10 angeordnet sind.

**[0037]** Die Kopplungseinheiten 15 sind somit derart ausgebildet, dass sie bis zum Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl  $n_E$  an die Kopplungseinheiten 15 der jeweils benachbarten Laufschaufeln 9 koppeln und ab Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl  $n_E$  aufgrund einer dadurch bedingten Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter 10 und einer dadurch bedingten Verlagerung bzw. Drehung der Kopplungseinheiten 15 von den Kopplungseinheiten 15 der jeweils benachbarten Laufschaufeln 9 entkoppeln.

**[0038]** Jede Kopplungseinheit 15 weist eine radiale Kopplungsfläche 16 auf, über welche die jeweilige Kopplungseinheit 15 an die Kopplungseinheiten 15 der jeweils benachbarten Laufschaufeln 9 koppelbar ist. Ein in Entwindungsrichtung E des jeweiligen Schaufelblatts 10 vorauslaufender Abschnitt 17 der Kopplungsfläche 16 ist weiter von dem Schaufelblatt 10 entfernt ist als ein in Entwindungsrichtung E des Schaufelblatts 10 nachlaufender Abschnitt 18 der Kopplungsfläche 16.

**[0039]** Figur 7 zeigt eine Detaildarstellung einer Draufsicht auf die in Figur 6 gezeigte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Läuferinheit 8 ab dem Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl  $n_E$ . Durch die Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter 10 der Laufschaufeln 9 sind die Kopplungseinheiten 15 verlagert bzw. im Gegenuhrzeigersinn gedreht worden, wodurch die Kopplungsflächen 16 von Kopplungseinheiten 15 von benachbart zueinander angeordneten Laufschaufeln 9 sich voneinander entfernt haben. Hierdurch sind die Laufschaufeln 9 voneinander entkoppelt.

**[0040]** Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugte Ausführungsbeispiele 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 Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

## Patentansprüche

1. Anordnung (19) zum zeitweiligen Koppeln von zwei benachbart zueinander an einem Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, angeordneten Laufschaufeln (9), aufweisend wenigstens eine an einem Schaufelblatt (10) der einen Laufschaufel (9) anordnbare Kopplungseinheit (11, 15) und wenigstens eine an einem Schaufelblatt (10) der anderen Laufschaufel (9) anordnbare weitere Kopplungseinheit (11, 15),  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Kopplungseinheiten (11, 15) derart ausgebildet sind, dass sie bis zum Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl ( $n_E$ ) aneinander koppeln und ab Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl ( $n_E$ ) aufgrund einer dadurch bedingten Fliehkraftentwindung der Schaufelblätter (10) der Laufschaufeln (9) und einer dadurch bedingten Verlagerung der Kopplungseinheiten (11, 15) voneinander entkoppeln.
  2. Anordnung (19) gemäß Anspruch 1, wobei jede Kopplungseinheit (11, 15) eine radiale Kopplungsfläche (12, 16) aufweist, über welche die Kopplungseinheiten (11, 15) aneinander koppelbar sind, wobei ein in Entwindungsrichtung (E) des Schaufelblatts (10) der jeweiligen Laufschaufel (9) vorauslaufender Abschnitt (13, 17) der Kopplungsfläche (12, 16) weiter von dem Schaufelblatt (10) entfernt ist als ein in Entwindungsrichtung (E) des Schaufelblatts (10) nachlaufender Abschnitt (14, 18) der Entkopplungsfläche (12, 16).
  3. Anordnung (19) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei wenigstens eine Kopplungseinheit (11) plattenförmig ausgebildet ist und eine Fläche aufweist, welche größer als die Querschnittsfläche des Schaufelblatts (10) der jeweiligen Laufschaufel (9) ausgebildet ist, wobei das Schaufelblatt (10) derart mit einem mittleren Bereich der Fläche der Kopplungseinheit (11) verbindbar ist, dass sich die Kopplungseinheit (11) quer zu dem Schaufelblatt (10) erstreckt.
  4. Anordnung (19) gemäß Anspruch 3, wobei die Fläche der Kopplungseinheit (11) als Parallelogramm mit unterschiedlich langen Diagonalen ausgebildet ist.
  5. Anordnung (19) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei wenigstens eine Kopplungseinheit (15) stabförmig ausgebildet ist, wobei das Schaufelblatt (10) der jeweiligen Laufschaufel (9) mit einem Ende der Kopplungseinheit (10) verbindbar ist oder
- wobei die Kopplungseinheit (15) durch das Schaufelblatt (10) der jeweiligen Laufschaufel (9) verlaufend an dem Schaufelblatt (10) anordbar ist.
6. Laufschaufel (9) für einen Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, aufweisend ein Schaufelblatt (10) und wenigstens eine an dem Schaufelblatt (10) angeordnete Kopplungseinheit (11, 15) zum zeitweiligen Koppeln der Laufschaufel (9) an eine benachbart zu der Laufschaufel (9) an dem Läufer anordnbare, gleich ausgebildete weitere Laufschaufel (9),  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Kopplungseinheit (11, 15) derart ausgebildet ist, dass sie bis zum Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl ( $n_E$ ) an die Kopplungseinheit (11, 15) der weiteren Laufschaufel (9) koppelt und ab Erreichen der vorgebbaren Läuferdrehzahl ( $n_E$ ) aufgrund einer dadurch bedingten Fliehkraftentwindung des Schaufelblatts (10) und einer dadurch bedingten Verlagerung der Kopplungseinheit (11, 15) von der Kopplungseinheit (11, 15) der weiteren Laufschaufel (9) entkoppelt.
  7. Laufschaufel (9) gemäß Anspruch 6, wobei die Kopplungseinheit (11, 15) eine radiale Kopplungsfläche (12, 16) aufweist, über welche die Kopplungseinheit (11, 15) an die Kopplungseinheit (11, 15) der weiteren Laufschaufel (9) koppelbar ist, wobei ein in Entwindungsrichtung (E) des Schaufelblatts (10) vorauslaufender Abschnitt (13, 17) der Kopplungsfläche (12, 16) weiter von dem Schaufelblatt (10) entfernt ist als ein in Entwindungsrichtung (E) des Schaufelblatts (10) nachlaufender Abschnitt (14, 18) der Entkopplungsfläche (12, 16).
  8. Laufschaufel (9) gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei die Kopplungseinheit (11) plattenförmig ausgebildet ist und eine Fläche aufweist, welche größer als die Querschnittsfläche des Schaufelblatts (10) ausgebildet ist, wobei das Schaufelblatt (10) derart mit einem mittleren Bereich der Fläche der Kopplungseinheit (11) verbunden ist, dass sich die Kopplungseinheit (11) quer zu dem Schaufelblatt (10) erstreckt.
  9. Laufschaufel (9) gemäß Anspruch 8, wobei die Fläche der Kopplungseinheit (11) als Parallelogramm mit unterschiedlich langen Diagonalen ausgebildet ist.
  10. Laufschaufel (9) gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei die Kopplungseinheit (15) stabförmig ausgebildet ist, wobei das Schaufelblatt (10) mit einem Ende der Kopplungseinheit (15) verbunden ist oder wobei die Kopplungseinheit (15) durch das Schau-

felblatt (10) verlaufend an dem Schaufelblatt (10) angeordnet ist.

11. Läuferinheit (8) für eine Fluidenergiemaschine, insbesondere eine Gasturbine, eine Dampfturbine, einen Verdichter oder dergleichen, aufweisend einen Läufer und mehrere umfänglich an dem Läufer angeordnete Laufschaufeln (9), wobei wenigstens zwei benachbart zueinander angeordnete Laufschaufeln (9) gemäß einem der Ansprüche 6 bis 10 ausgebildet sind. 5 10
12. Fluidenergiemaschine, insbesondere Gasturbine, Dampfturbine, Verdichter oder dergleichen, aufweisend wenigstens eine Läuferinheit (8) gemäß Anspruch 11. 15
13. Verfahren zum Koppeln von zwei benachbart zueinander an einem Läufer einer Fluidenergiemaschine, insbesondere einer Gasturbine, einer Dampfturbine, eines Verdichters oder dergleichen, angeordneten, aneinander gekoppelten Laufschaufeln (9), wobei die Laufschaufeln (9) ab Erreichen einer vorgebbaren Läuferdrehzahl ( $n_E$ ) voneinander entkoppelt werden. 20 25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

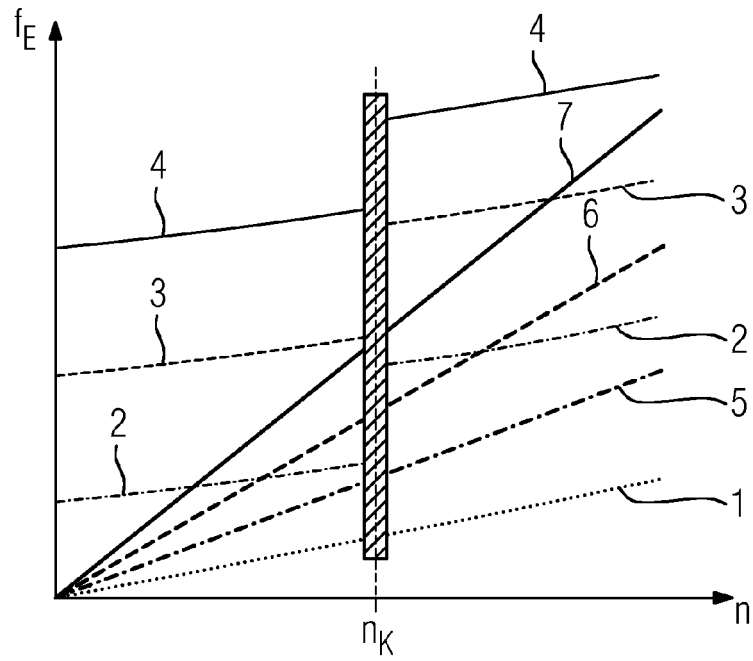


FIG 2

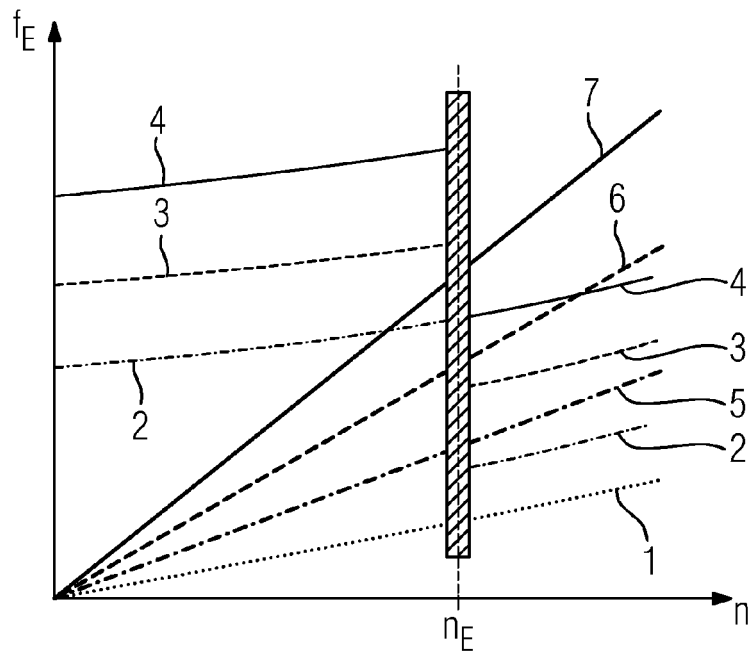


FIG 3

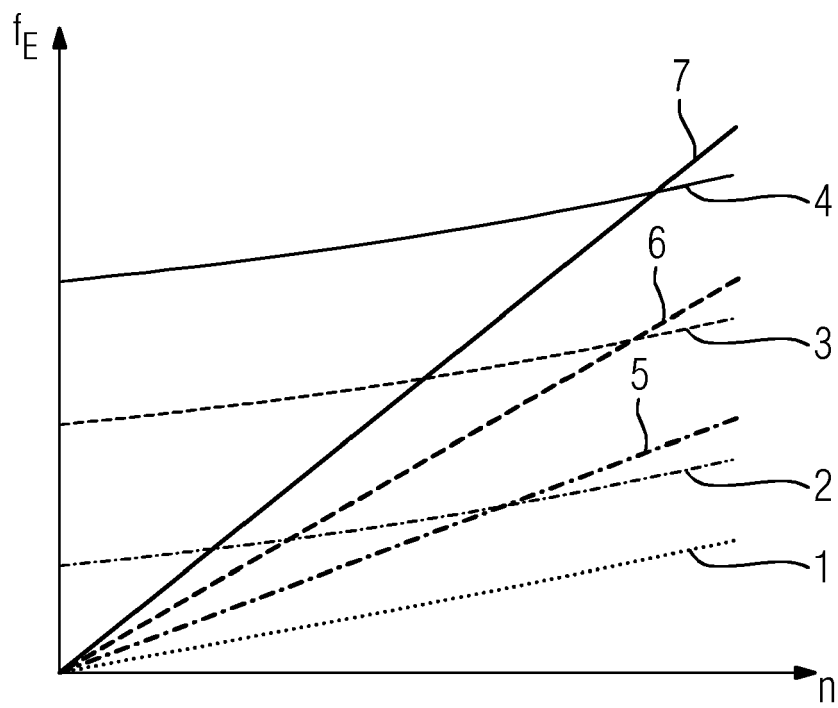


FIG 4

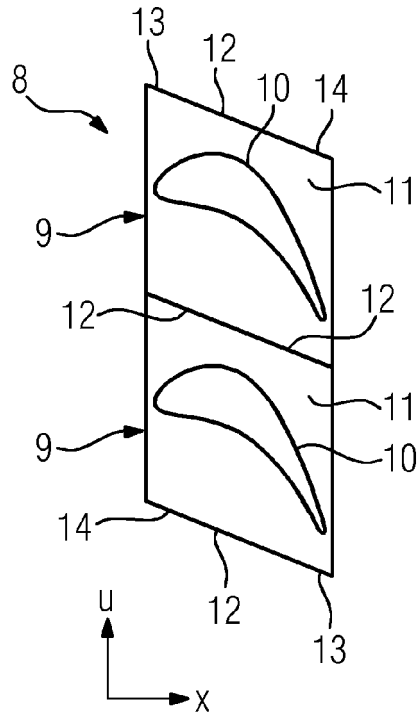


FIG 5

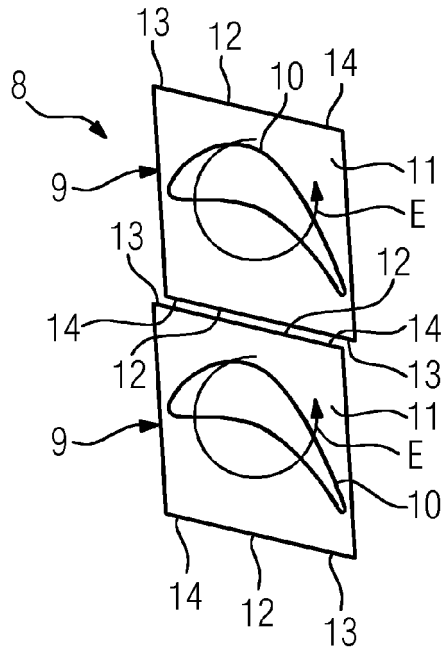


FIG 6

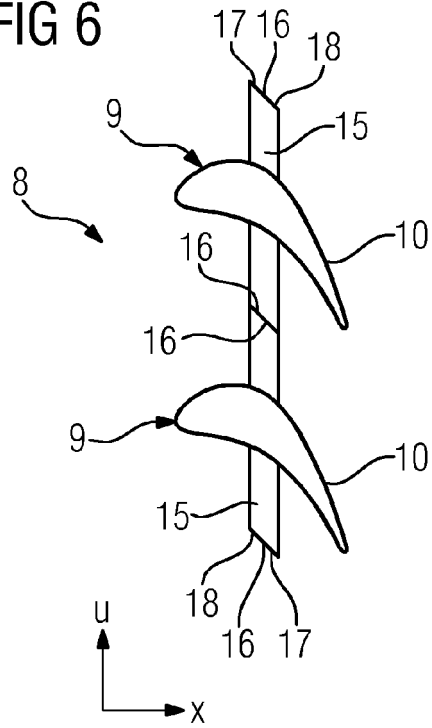
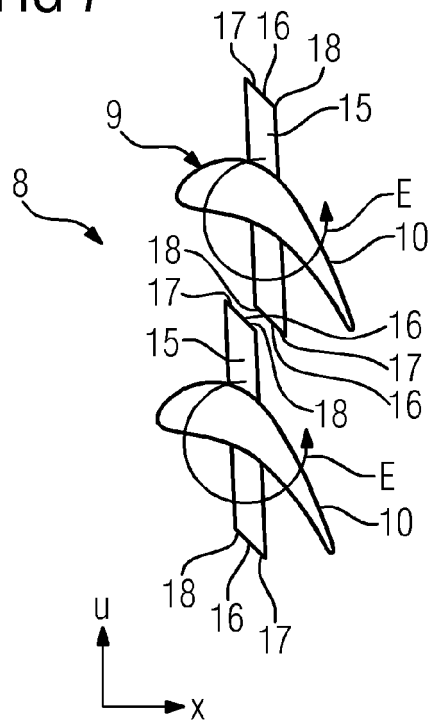


FIG 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 14 17 5610

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 2010/068061 A1 (IWAI MASAHIKO [JP]) 18. März 2010 (2010-03-18)	1-3,6-9, 11-13	INV. F01D5/22
Y	* Seite 5, Absatz 97 - Seite 8, Absatz 151 * * Seite 1, Absatz 3 - Seite 3, Absatz 45; Abbildungen 1-7,20-24 *	5,10	
X	DE 10 2009 029587 A1 (MAN DIESEL & TURBO SE [DE]) 24. März 2011 (2011-03-24) * Seite 1, Absatz 6; Abbildungen 1,7 *	1-4,6-13	
Y	US 2002/057969 A1 (NAMURA KIYOSHI [JP] ET AL) 16. Mai 2002 (2002-05-16) * Abbildungen 6-8 *	5,10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>5. September 2014</b>	Prüfer <b>Rau, Guido</b>
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 03.92 (P04C03)

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

EP 14 17 5610

5

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.

05-09-2014

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010068061 A1	18-03-2010	JP 4940209 B2	30-05-2012
		JP 2010065666 A	25-03-2010
		US 2010068061 A1	18-03-2010
-----			
DE 102009029587 A1	24-03-2011	CN 102597426 A	18-07-2012
		DE 102009029587 A1	24-03-2011
		EP 2478186 A1	25-07-2012
		JP 5314194 B2	16-10-2013
		JP 2013505385 A	14-02-2013
		US 2012230826 A1	13-09-2012
		WO 2011032548 A1	24-03-2011
-----			
US 2002057969 A1	16-05-2002	KEINE	
-----			

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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**

- US 20110194939 A1 [0010]
- US 20110142650 A1 [0010]