



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.08.2010 Patentblatt 2010/33

(51) Int Cl.:
F01D 5/24 (2006.01) F01D 5/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09002224.5**

(22) Anmeldetag: **17.02.2009**

(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 TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

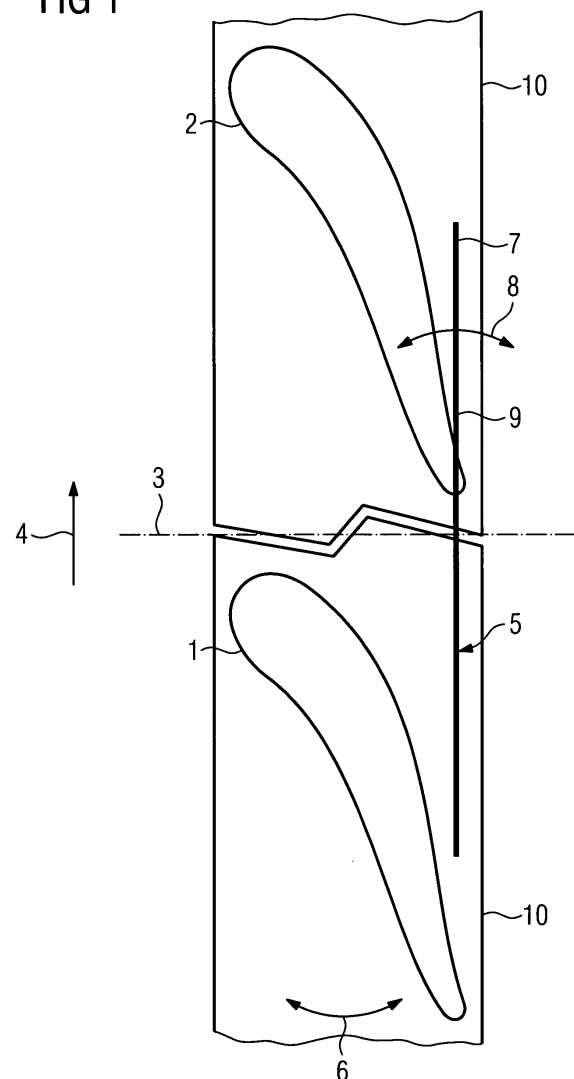
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Richter, Christoph Hermann, Dr.**
49477 Ibbenbüren (DE)

(54) **Schaufelverband einer Strömungsmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Dämpfungssystem zur Dämpfung der Schwingungen eines Schaufelverbandes, wobei benachbart angeordnete Schaufeln über ein Koppelement (5) miteinander gekoppelt werden, wobei das Koppelement (5) in einer ersten Schaufel (1) fest angeordnet ist und in die zweite Schaufel (2) hineinragt, wobei das Koppelement (5) nicht in der zweiten Schaufel (2) angeordnet ist, sondern dort lediglich derart anliegt, dass infolge von Fliehkräften ein freies Ende (9) des Koppelementes (5) gegen die zweite Schaufel (2) drückt und dadurch eine Reibkraft erfolgt, die zu einer Energiedissipation führt und Schwingungen dadurch gedämpft werden.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung, umfassend eine erste Schaufel und eine benachbart zur ersten Schaufel angeordnete zweite Schaufel.

[0002] Unter Strömungsmaschinen im Sinne dieser Anmeldung sind beispielsweise Verdichter, Gasturbinen oder Dampfturbinen zu verstehen. Die vorgenannten Strömungsmaschinen haben gemeinsam, dass sie aus einem Gehäuse und einem im Gehäuse drehbar gelagerten Rotor bestehen, wobei zwischen dem Rotor und dem Gehäuse ein Strömungskanal ausgebildet ist, durch den ein Strömungsmedium strömt. Das Strömungsmedium ist in Dampfturbinen ein Wasserdampf. Im Betrieb der Dampfturbine besteht die Gefahr, dass die Strömung über die stromlinienförmigen Laufschaufeln eine Vibration der Schaufeln verursacht, die zu störenden Effekten führt. Beispielsweise könnte eine Laufschaufel in Form eines Risses beschädigt werden. Daher werden Bestrebungen unternommen, die Laufschaufeln derart zu modifizieren, dass Vibrationen vermieden bzw. gedämpft werden, damit keine Beschädigungen der Laufschaufeln auftreten.

[0003] Es ist bekannt, die Deckbänder der Laufschaufeln mit einem einzigen Draht zu verbinden, damit Vibrationen gedämpft werden, damit Relativbewegungen zwischen den Deckbändern verhindert werden.

[0004] Aus der DE 697 04 001 T1 ist es bekannt, einen Stift in Deckbändern anzuordnen, die in sogenannten Sacklöchern bewegbar angeordnet sind.

[0005] In der DE 102 56 778 A1 werden nicht die Deckbänder rotordynamisch miteinander gekoppelt, sondern vielmehr die Fußdeckbänder.

[0006] Ein weiteres Problem der Schwingungsanregungen ist, dass die Laufschaufeln infolge der Schwingungsanregungen Schwingungen durchführen, die zu einer Materialermüdung sowohl der Turbinenschaufel als auch der Rotorklaue führen, in der die Turbinenschaufel angeordnet ist. Wünschenswert wäre es, eine Reduktion der Schwingungsamplituden zu erreichen, die zu einer Reduzierung der Materialbeanspruchung führt.

[0007] Es ist weiterhin bekannt, Bohrungen in Turbinenschaufeln anzuordnen und in diese ein trockenes Granulat einzufügen. Schwingungen im Bereich des mit Granulat gefüllten Volumens führen zu Bewegungen des Granulats. Da diese Bewegung von innerer Reibung begleitet ist, ist damit auch eine Dämpfung verbunden.

[0008] Es ist auch weiterhin bekannt, Granulate in Flüssigkeiten anzuordnen, die ebenfalls in Bohrungen der Schaufel angeordnet sind.

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung eine Anordnung anzugeben, die durch einfache Mittel wirksam gegen störende Schwingungsanregungen geschützt ist.

[0010] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Anordnung, umfassend eine erste Schaufel und eine benachbart zur ersten Schaufel angeordnete zweite Schaufel, wobei ein Koppellement in der ersten Schaufel fest angeordnet ist und ein Teil des Koppellementes an der

zweiten Schaufel anliegt.

[0011] Bei einem gekoppelten Schaufelverband bilden sich sogenannte Knotendurchmesser-Schwingungen aus. Diese Knotendurchmesser-Schwingungen sind dadurch charakterisiert, dass über den Umfang der Schaufeln die Amplituden der Schwingungen eine sinusartige Form aufweisen. Das bedeutet, dass für benachbarte Schaufeln sich eine relative Drehung bezüglich der unmittelbaren oder entfernten Nachbarschaufeln ergibt. Ein Vorteil der Erfindung ist, dass solche relativen Drehungen der unmittelbaren oder entfernten Nachbarschaufeln erfindungsgemäß gedämpft werden. Dazu werden benachbarte Schaufeln derart modifiziert, dass eine Unter-
menge der Schaufeln ein Koppellement erhält, das fest mit der Schaufel verbunden ist. Dieses Koppellement ist derart ausgebildet, dass es bis zur nächsten Nachbarschaufel oder sogar noch bis zur übernächsten Nachbarschaufel anliegt, aber nicht mit der benachbarten Schaufel fest verbunden ist.

[0012] Wenn eine Schaufel in der Anordnung eine Schwingung durchführt, so bewegt sich die Schaufel mit dem fest verbundenen Balken. Die benachbarte Schaufel, die nicht fest mit dem Koppellement verbunden ist, drückt dieses infolge der im Betrieb auftretenden Fliehkraft gegen die Schaufel, wodurch ein kraftschlüssiger Kontakt erfolgt, wobei infolge einer Reibung eine Energiedissipation erfolgt und dadurch Schwingungsenergie verloren geht, wodurch die störende Schwingung gedämpft wird.

[0013] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0014] In einer ersten vorteilhaften Weiterbildung weist die erste Schaufel eine erste Schaufelspitze auf und die zweite Schaufel eine zweite Schaufelspitze auf, wobei das Koppellement im Bereich der ersten und zweiten Schaufelspitze angeordnet ist. Die Schwingungen sind konstruktionsbedingt an den Schaufelspitzen am größten. Daher ist es vorteilhaft, wenn die Dämpfungseinrichtung in der Schaufelspitze angeordnet ist. Das Koppellement wird daher vorteilhaft im Bereich der ersten und zweiten Schaufelspitze angeordnet. Die Amplituden der störenden Schwingungen sind dort am größten und werden somit am effektivsten gedämpft.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die erste Schaufelspitze ein erstes Deckband auf, wobei das Koppellement im ersten Deckband fest angeordnet ist. Durch die Anordnung eines Koppellementes, das im Grunde ein fremdes Element ist, muss eine geeignete Stelle gefunden werden, wo das Koppellement angeordnet werden kann. Die Deckbänder sind an den Schaufelspitzen angeordnet und weisen eine Konstruktion auf, die vergleichsweise groß ist zur Gesamtschaufel. In dieses Deckband wird das Koppellement fest angeordnet. Dies kann beispielsweise durch eine Lötung, einer Verschraubung oder einer Vernietung erfolgen.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die zweite Schaufelspitze, die zur benachbarten

Schaufel gehört, ein zweites Deckband auf, wobei das Koppelement im zweiten Deckband angeordnet ist. Erfindungsgemäß ist das Koppelement im zweiten Deckband lose angeordnet, d. h. nicht fest mit dem zweiten Deckband verbunden. Das zweite Deckband ist hierbei derart angeordnet, dass eine im Betrieb auftretende Fliehkraft dazu führt, dass das Koppelement gegen das zweite Deckband gedrückt wird. Das bedeutet, dass das Koppelement im zweiten Deckband bei einer auftretenden Schwingung reibt. Dadurch erfolgt eine Energiedissipation, wodurch die Schwingung gedämpft wird.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist das erste Deckband und das zweite Deckband jeweils einen Schlitz auf, in der das Koppelement angeordnet ist. Mit einem Schlitz ist eine vergleichsweise einfache und fertigungstechnisch günstige Lösung verfügbar, um das Koppelement wirkungsvoll im Deckband anzuordnen.

[0018] Vorteilhafterweise wird der Schlitz seitlich im ersten Deckband und im zweiten Deckband angeordnet. Durch die seitliche Anordnung ist es möglich, das Koppelement während Revisionsarbeiten leicht zu entfernen.

[0019] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Koppelement länglich und schmal ausgebildet. Die wirksame Dämpfung der Schaufelschwingungen hängt im Wesentlichen von der Form und dem Material des Koppelementes ab. Je länger das Koppelement ist, umso größer sind auch die Schwingungsamplituden der Spitze des Koppelementes. Je länger das Koppelement ist, umso größer sind demnach die Schwingungsamplituden an der Spitze. Darüber hinaus sollte das Material derart gewählt werden, dass es möglichst starr und fest mit der Schaufel verbunden werden kann, wobei die Festigkeitswerte des Koppelementes derart sein sollten, dass das Koppelement selber kaum eigene Schwingungen durchführen kann.

[0020] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Koppelement als Blech ausgeführt. Vorteilhafterweise weist das Blech im Querschnitt gesehen eine rechteckige Form auf mit einer Breite L und einer Höhe H, wobei gilt, dass L größer H ist und dass das Kopplungselement derart im Deckband angeordnet ist, dass die Oberfläche mit der Breite L im Betrieb am Deckband anliegt. Das Koppelement weist demnach die Form eines flachen Messers auf. Durch diese Konstruktion ist das Koppelement in einer radialen Richtung, d. h. in der Richtung, in der die Fliehkräfte herrschen, vergleichsweise leicht biegsam, was dazu führt, dass das Koppelement leicht gegen das andere Deckband gedrückt werden kann. Hingegen ist eine Biegung in axialer Richtung, d. h. senkrecht zur Fliehkrafttrichtung kaum möglich. Das bedeutet, dass die Schwingung der Schaufel, an der das Koppelement fest angeordnet wird, hinreichend gut mitnimmt. Eine wirksame Dämpfung ist dadurch möglich.

[0021] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels in den Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt einer Anordnung in radialer Richtung gesehen, mit Blick auf die Deckbänder;

5 Fig. 2 einen Ausschnitt zweier benachbarter Deckbänder;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines Deckbandes.

10

[0022] Die Figur 1 zeigt einen Ausschnitt einer Anordnung in radialer Richtung. D. h., die radiale Richtung steht senkrecht zur Zeichenebene. Die Anordnung umfasst eine erste Schaufel 1 und eine benachbart zur ersten Schaufel 1 angeordnete zweite Schaufel 2. Die erste Schaufel 1 und die zweite Schaufel 2 sind auf einem nicht näher dargestellten Rotor über Rotorklauen fest angeordnet. Der Rotor rotiert um eine Rotationsachse 3. Die erste Schaufel 1 und die zweite Schaufel 2 sind in radialer Richtung länglich ausgebildet und werden im Betrieb über ein nicht näher dargestelltes Strömungsmedium angeströmt, wobei die erste Schaufel 1 und die zweite Schaufel 2 eine Drehung in einer Rotationsrichtung 4 führt.

25

[0023] Die erste Schaufel 1 ist zur zweiten Schaufel 2 benachbart angeordnet. Die erste Schaufel 1 umfasst ein Koppelement 5, das in einer nicht näher dargestellten Weise mit der ersten Schaufel 1 fest verbunden ist. Das Koppelement 5 kann beispielsweise durch Verschraubungen, Vernietungen oder durch Löten mit der ersten Schaufel 1 fest verbunden werden. Eine Schwingung 6 der ersten Schaufel 1 führt zu einer Schwingung der Koppelementspitze 7. Das führt ebenfalls zu einer harmonischen Schwingung 8 der Koppelementspitze 7. Diese harmonische Schwingung 8 gilt es zu minimieren, was dadurch erfolgt, dass das Koppelement 5 an der zweiten Schaufel 2 anliegt. Infolge der Fliehkräfte, die im Betrieb auftreten, wird ein freies Ende 9 des Koppelementes 5, das außerhalb der ersten Schaufel 1 angeordnet ist, in radialer Richtung nach außen gegen die zweite Schaufel 2 gedrückt. Dies führt zu einer Reibung zwischen dem freien Ende 9 des Koppelementes 5 und der zweiten Schaufel 2.

30

[0024] Das Koppelement 5 wird in einer Schaufelspitze der ersten Schaufel 1 und in einer Schaufelspitze der zweiten Schaufel 2 angeordnet, was in der Figur 1 nicht näher dargestellt ist.

35

[0025] Die Figur 3 zeigt ein Deckband 10 der ersten bzw. zweiten Schaufel 1 bzw. 2. Das Deckband 10 ist hierbei an der Schaufelspitze der ersten Schaufel 1 bzw. zweiten Schaufel 2 angeordnet. Das Deckband 10 weist Schlitz 11 auf, in die das Koppelement 5 angeordnet wird. Im Falle der ersten Schaufel 1 wird das Koppelement 5 in dem Schlitz 11 fest angeordnet. Im Falle der zweiten Schaufel 2 wird das Koppelement 5 im Schlitz 11 lediglich lose angeordnet. Eine im Betrieb auftretende Fliehkraft wirkt in der Fliehkrafttrichtung 12, die identisch ist mit der radialen Richtung.

40

45

50

55

[0026] Die Figur 2 zeigt eine alternative Darstellung eines Teils einer Anordnung. Die erste Schaufel 1 weist ein erstes Deckband 13 und die Schaufel 2 ein zweites Deckband 14 auf. Die Deckbänder sind in der Schaufelspitze der ersten Schaufel 1 und der zweiten Schaufel 2 angeordnet. Das Koppelement 5 ist seitlich im ersten Deckband 13 sowie im zweiten Deckband 14 angeordnet. Dabei ist das Koppelement 5 länglich und schmal ausgebildet und als Blech ausgeführt. Das Koppelement 5 weist im Querschnitt gesehen eine rechteckige Form mit einer Breite L und einer Höhe H auf. Die Höhe H ist im Wesentlichen identisch mit der Höhe H des Schlitzes 11. Zumindest sollte die Höhe H des Bleches 5 geringfügig kleiner sein als die Höhe H des Schlitzes 11. Es gilt hierbei, dass L größer H ist und dass das Koppelement 5 derart im Deckband 14 angeordnet ist, dass die Oberfläche mit der Breite L im Betrieb am Deckband 14 anliegt. Dadurch wird eine Reibung entstehen, die zu einer Energiedissipation führt und somit eine Schwingungsreduktion herbeiführt.

[0027] Das Koppelement 5 wird fest mit dem ersten Deckband 13 angeordnet, was beispielsweise durch eine Verschraubung erfolgen kann. Dazu werden Schrauben verwendet, die das Koppelement 5 mit der ersten Schaufel 1 fest verbindet. Dadurch entstehen Schraubverbindungen 15, 16. Die Schraubverbindung 15, 16 kann beispielsweise in axialer Richtung 17 orientiert sein. Die Schraubverbindung 15, 16 kann natürlich auch in radialer Richtung 18 erfolgen.

zweiten Deckband (14) angeordnet ist.

5. Anordnung nach Anspruch 3 oder 4, wobei das erste Deckband (13) und das zweite Deckband (14) jeweils einen Schlitz (11) aufweist, in der das Koppelement (5) angeordnet ist.
6. Anordnung nach Anspruch 5, wobei der Schlitz (11) seitlich im ersten Deckband (13) und im zweiten Deckband (14) angeordnet ist.
7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Koppelement (5) länglich und schmal ausgebildet ist.
8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Koppelement (5) ein Blech ist.
9. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, wobei das Koppelement (5) im Querschnitt gesehen eine rechteckige Form mit einer Breite L und einer Höhe H aufweist, wobei L größer H gilt und das Koppelement (5) derart im Deckband (10, 13, 14) angeordnet ist, dass die Oberfläche mit der Breite L im Betrieb am Deckband (14) anliegt.

Patentansprüche

1. Anordnung, umfassend eine erste Schaufel (1) und eine benachbart zur ersten Schaufel (1) angeordnete zweite Schaufel (2),
dadurch gekennzeichnet, dass ein Koppelement (5) in der ersten Schaufel (1) fest angeordnet ist und ein Teil des Koppelementes (9) an der zweiten Schaufel (2) anliegt.
2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die erste Schaufel (1) eine erste Schaufelspitze aufweist, wobei die zweite Schaufel (2) eine zweite Schaufelspitze aufweist, wobei das Koppelement (5) im Bereich der ersten und zweiten Schaufelspitze angeordnet ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Schaufelspitze ein erstes Deckband (13) aufweist und das Koppelement (5) im ersten Deckband (13) angeordnet ist.
4. Anordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die zweite Schaufelspitze ein zweites Deckband (14) aufweist und das Koppelement (5) im

FIG 1

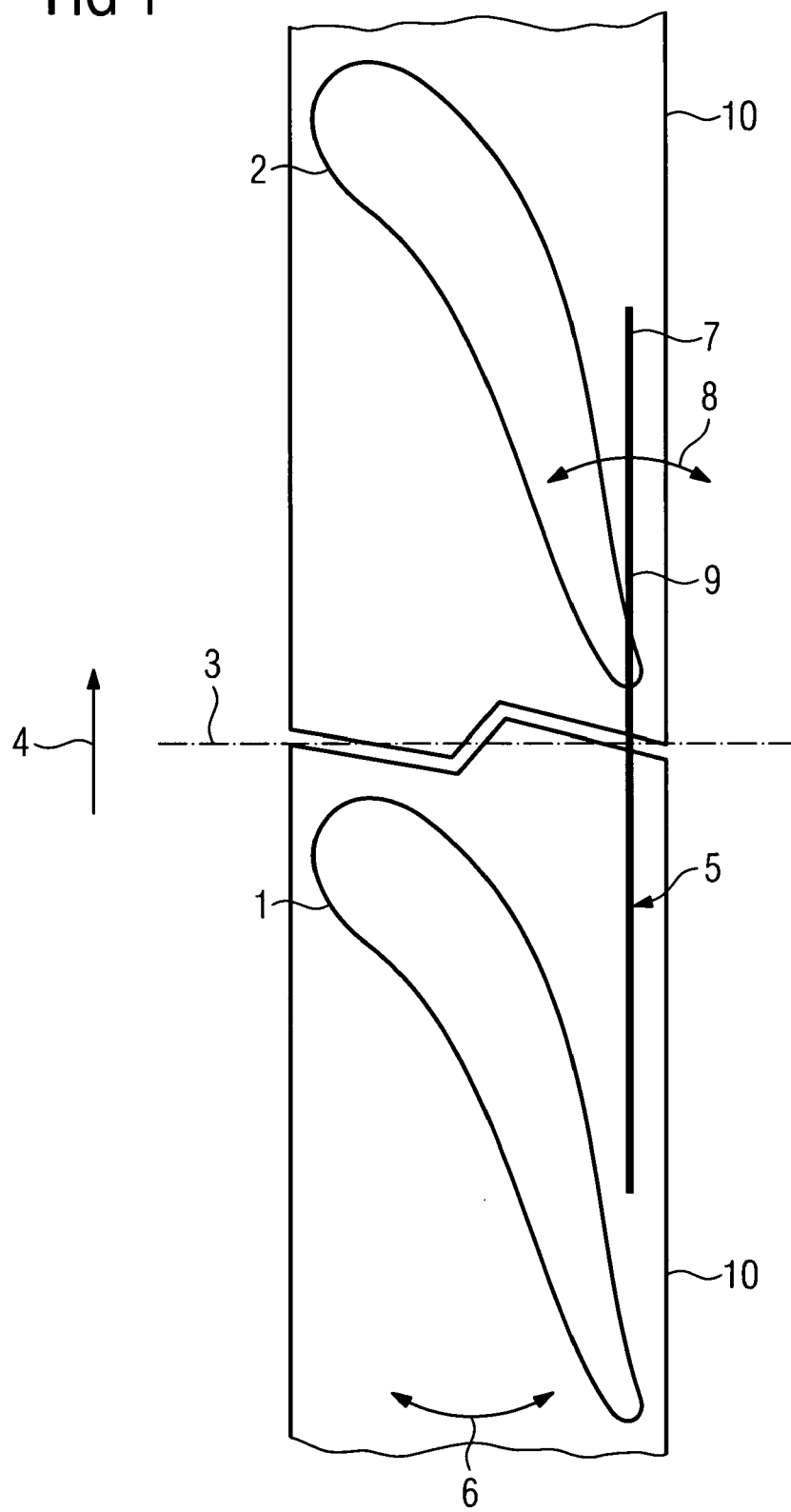


FIG 2

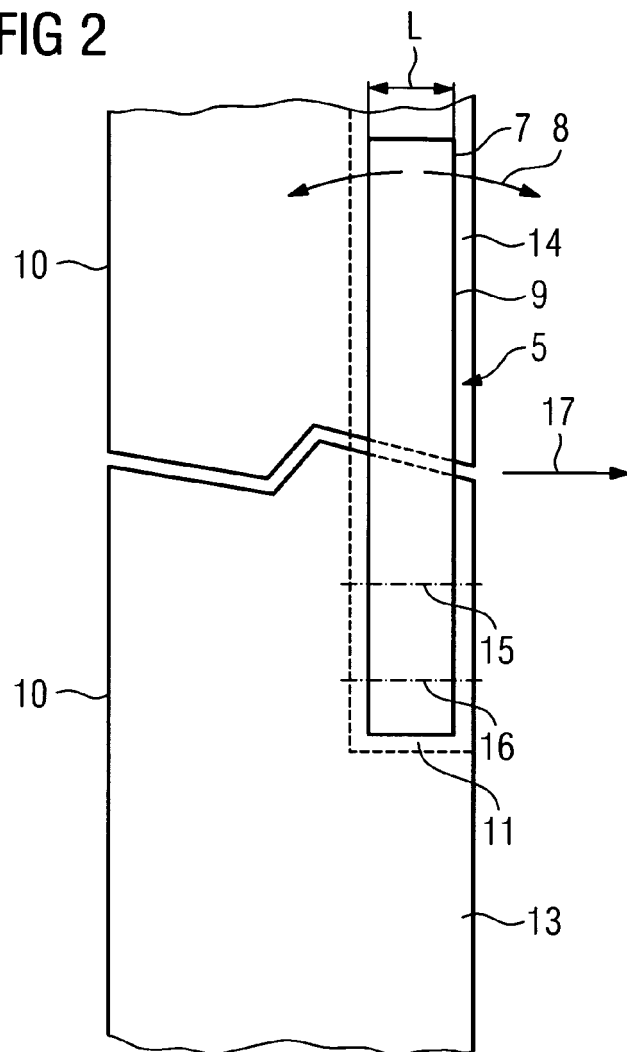
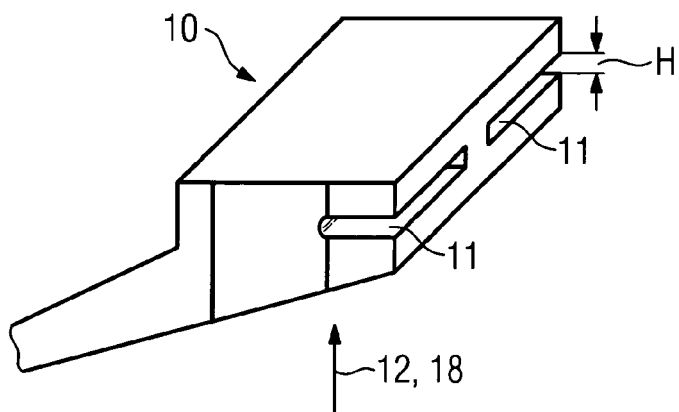


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 00 2224

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 1 618 285 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC & MANUFACTURING COMPANY) 22. Februar 1927 (1927-02-22)	1,2	INV. F01D5/24 F01D5/22
Y	* Seite 1, Spalte 23 - Seite 2, Spalte 39; Abbildungen 1-3 *	3-9	
Y	----- EP 2 019 188 A (SIEMENS AG [DE]) 28. Januar 2009 (2009-01-28) * Spalte 2, Absatz 5 - Spalte 4, Absatz 14; Abbildung 1 *	3-5,7-9	
Y	----- JP 2008 045419 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 28. Februar 2008 (2008-02-28) * Zusammenfassung; Abbildung 7 *	6	
X	----- CH 272 378 A (ESCHER WYSS AG [CH]) 15. Dezember 1950 (1950-12-15) * Seite 2, Zeile 11 - Seite 2, Zeile 23; Abbildung 3 *	1	
A	----- US 1 165 005 A (WESTINGHOUSE MACHINE COMPANY) 21. Dezember 1915 (1915-12-21) * Seite 1, Zeile 45 - Zeile 65 * * Seite 2, Zeile 27 - Zeile 47; Abbildungen 1-3 *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	----- US 4 191 508 A (AKATSU YASUAKI [JP] ET AL) 4. März 1980 (1980-03-04) * das ganze Dokument *	1-9	F01D
A	----- DE 15 51 180 A1 (GEN ELECTRIC) 19. Juni 1969 (1969-06-19) * Seite 2, Absatz 2 - Seite 6, Absatz 3; Abbildung 3 *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. August 2009	Prüfer Rau, Guido
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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 00 2224

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.

03-08-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 1618285	A	22-02-1927	KEINE		
EP 2019188	A	28-01-2009	KEINE		
JP 2008045419	A	28-02-2008	KEINE		
CH 272378	A	15-12-1950	KEINE		
US 1165005	A		KEINE		
US 4191508	A	04-03-1980	DE	2804468 A1	10-08-1978
			JP	1091223 C	31-03-1982
			JP	53095406 A	21-08-1978
			JP	56032442 B	28-07-1981
DE 1551180	A1	19-06-1969	BE	686462 A	06-03-1967
			GB	1148590 A	16-04-1969
			US	3326523 A	20-06-1967

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 69704001 T1 [0004]
- DE 10256778 A1 [0005]