



(11) **EP 4 012 159 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**15.06.2022 Patentblatt 2022/24**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F01D 5/22<sup>(2006.01)</sup> F01D 5/26<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **21209690.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F01D 5/22; F01D 5/26**

(22) Anmeldetag: **22.11.2021**

(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**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Siemens Energy Global GmbH & Co. KG**  
**81739 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Beyer, Inka**  
**02625 Bautzen (DE)**  
• **Tusche, Johannes**  
**02956 Rietschen (DE)**

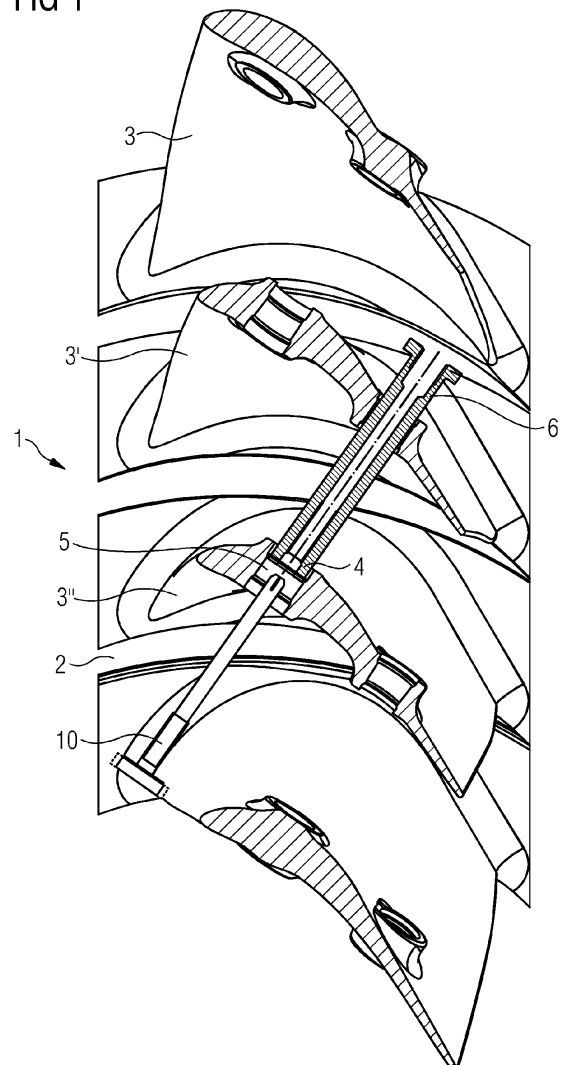
(30) Priorität: **08.12.2020 DE 102020215479**

(54) **DÄMPFUNGSELEMENT FÜR DAMPFTURBINENSCHAUFELN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenstufe (1), umfassend wenigstens einen Turbinenrotor (2) und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors (2) angeordnete Turbinenschaufeln (3), sowie wenigstens ein Koppellement (4), wobei in einer ersten Turbinenschaufel (3') und in einer zweiten, zur ersten benachbarten Turbinenschaufeln (3''), Durchgangsbohrungen (5) ausgebildet sind, durch die das Koppellement (4) hindurchragt.

Das Koppellement (4) umfasst eine Koppelhülse (6) und einen Koppelstift (10) die miteinander verschraubt sind und die Turbinenschaufeln mechanisch miteinander koppeln. Durch die Koppelung werden Schwingungsanregungen der Turbinenschaufeln (3', 3'') wirkungsvoll gedämpft.

FIG 1



**EP 4 012 159 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Turbinenstufe, umfassend wenigstens einen Turbinenrotor und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors angeordnete Turbinenschaufeln, sowie wenigstens ein Koppellement, wobei in einer ersten Turbinenschaufel und in einer zweiten, zur ersten benachbarten Turbinenschaufeln, Durchgangsbohrungen ausgebildet sind, durch die das Koppellement hindurchragt und wobei das Koppellement die Turbinenschaufeln mechanisch miteinander koppelt.

**[0002]** Aufgrund der auf die Turbinenschaufeln einer Turbinenstufe wirkenden Kräfte kann es an der Beschau felung von Turbinen im gesamten Betriebsbereich zu Schwingungsanregung kommen. Die durch die Schwingungsanregung verursachte dynamische Beanspruchung führt zu einer Verringerung der Lebensdauer der Turbinenschaufeln. Aus diesem Grund muss bei der Auslegung einer Turbinenstufe beachtet werden, dass diese in Ihrem Betriebsbereich keine, oder wenn es nicht vermeidbar ist, nur Schwingungsbewegungen mit geringer, d.h. dauerhaft ertragbarer Amplitude ausführt. Aufgrund von gegebenen Designkriterien und der Vielzahl von möglichen Anregungsmechanismen im gesamten Betriebsbereich (drehzahlsynchrone Anregung, Unwuchterregung, instationäre und transiente Strömungsanregung), welche teilweise nicht vorhergesagt werden können, ist dieser Punkt nur schwer zu realisieren. Im Falle von Schwingungsereignissen mit unzulässig großer Amplitude muss daher der dauerhaft fahrbare Betriebsbereich zum Teil wesentlich eingeschränkt werden (z.B. Absenken der Druckschutzkurve), um die mechanische Integrität der Beschau felung zu gewährleisten und einen Funktionsausfall oder noch schwerwiegendere Folgen durch Schaufelverlust zu vermeiden.

**[0003]** Eine Möglichkeit Schaufelschwingungen zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren besteht in der Verwendung von Koppellementen die zwischen zwei Turbinenschaufel angeordnet werden und diese mechanisch miteinander koppeln. Energie, welche zur Schwingung der Schaufeln führt, wird mittels der Koppellemente dem System entzogen und durch Reibungseffekte dissipiert. Solche Koppellemente sind beispielsweise aus der DE 10 2010 041 702 A1 bekannt. Durch die Kopplung von zwei oder mehreren Turbinenschaufeln mittels Koppellementen wird die Schwingungsamplitude der einzelnen Schaufeln deutlich reduziert und dadurch die Schwingungsbelastung in den einzelnen Schaufeln vermindert, so dass Ermüdungsbrüche der Turbinenschaufeln wirkungsvoll verhindert werden können.

**[0004]** Die DE 10 2017 203 308 A1 offenbart eine Turbinenstufe, bei der die Koppellemente räumlich so anzuordnen sind, dass sie ohne Demontage der einzelnen Turbinenschaufeln der Turbinenstufe entfernt werden können. Hierzu weist eine Turbinenschaufel eine Durchgangsbohrung und die benachbarte, zu koppelnde Turbinenschaufel eine Sacklochbohrung auf. Das Koppellement wird durch die Durchgangsbohrung hindurch ge-

schoben, bis es sich mit einem ersten Ende in der Sacklochbohrung befindet. Anschließend wird ein Verschlusselement in die Durchgangsbohrung geschraubt, die das zweite Ende des Koppellements fixiert. Hierdurch kann das Koppellement im Bedarfsfall leicht ersetzt werden. Durch das Einschrauben des Verschlusselements ergeben sich allerdings auf Grund des Innengewindes Kerbspannungen im Blattbereich, welche zu lokalen Spannungserhöhungen und zum Versagen der Turbinenschaufel führen können.

**[0005]** Nachteilig an beide Lösungen ist, dass die Turbinenschaufeln für die Aufnahme der Koppellemente entsprechend ausgebildet sein müssen, so dass die Verwendung bei bestehenden Turbinenstufen nicht ohne weiteres möglich, da das dafür notwendige Material nicht in der Geometrie vorhanden ist.. Außerdem ist für die Aufnahme der Koppellemente jeweils eine bestimmte Mindestdicke der Turbinenschaufel im Bereich der Aufnahme notwendig.

**[0006]** Ausgehend vom zuvor beschrieben Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Turbinenstufe mit Koppellementen bereit zu stellen bei dem die Turbinenschaufeln keine spezielle Ausbildung aufweisen müssen, so dass auch Bestandsanlagen leicht nachgerüstet werden können.

**[0007]** Die Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

**[0008]** Vorteilhafte Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung, welche einzeln oder in Kombination miteinander einsetzbar sind, sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Turbinenstufe, umfassend wenigstens einen Turbinenrotor und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors angeordnete Turbinenschaufeln, sowie wenigstens ein Koppellement, wobei in einer ersten Turbinenschaufel und in einer zweiten, zur ersten benachbarten Turbinenschaufeln, Durchgangsbohrungen ausgebildet sind durch die das Koppellement hindurchragt und wobei das Koppellement die Turbinenschaufeln mechanisch miteinander koppelt, zeichnet sich dadurch aus, dass

- das Koppellement eine Koppelhülse mit einem Innengewinde und einen, an einem Ende der Koppelhülse ausgebildeten ersten Anlagekopf aufweist, wobei der erste Anlagekopf einen Durchmesser aufweist, der größer ist als der Durchmesser der Durchgangsbohrung durch die das Koppellement hindurchragt und wobei der erste Anlagekopf an der Außenseite der ersten Turbinenschaufel angeordnet ist,
- das Koppellement einen Koppelstift mit einem komplementär zum Innengewinde der Koppelhülse ausgebildeten Außengewinde und einem an einem Ende des Koppelstifts ausgebildeten zweiten Anlagekopf aufweist, wobei der zweite Anlagekopf einen Durchmesser aufweist, der größer ist als der Durchmesser der Durchgangsbohrung durch die das Kop-

pelelement hindurchragt und wobei der zweite Anlagekopf an der Außenseite der zweiten Turbinenschaufel angeordnet ist, und

- die Koppelhülse und der Koppelstift über das Innengewinde und das Außengewinde miteinander verschraubt sind.

**[0010]** Als Außenseite der jeweiligen Turbinenschaufel wird dabei die Seite des Turbinenblatts (Turbinenprofils) bezeichnet, die der zu koppelnden zweiten Turbinenschaufel abgewandt ist.

**[0011]** Dadurch, dass die beiden Turbinenschaufeln jeweils nur Durchgangsbohrungen aufweisen und die beiden Bauteile (Koppelstift mit Koppelhülse) des Koppellements nur mit sich selbst verschraubt sind, ist keine spezielle Ausbildung oder Mindestdicke der Turbinenschaufeln notwendig. Hierdurch lässt sich prinzipielle jede bestehende Turbinenstufe einfach nachrüsten. Dadurch, dass das Koppellement nur durch die Durchgangsbohrungen in den Turbinenschaufeln hindurch geschoben ist, treten auch keine Kerbspannungen wie bei einer Lösung mit in das Turbinenblatt eingeschraubtem Verschlusselement auf, die zu keiner Schwächung der Turbinenschaufel führen würde.

**[0012]** Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Koppelhülse durch die Durchgangsbohrung sowohl der ersten als auch der zweiten Turbinenschaufel hindurchragt. Hierbei können die Durchgangsbohrungen in beiden Turbinenschaufeln mit dem gleichen Durchmesser ausgebildet sein, was die Fertigung vereinfacht und Kosten spart. Außerdem vereinfacht sich hierdurch die Montage, da alle Turbinenschaufeln identisch ausgebildet sind und bei der Montage nicht auf eine bestimmte Reihenfolge geachtet werden muss.

**[0013]** Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das dem zweiten Anlagekopf gegenüberliegende Ende des Koppelstifts plastisch verformt ist, so dass ein Formschluss zwischen dem Koppelstift und der Koppelhülse besteht. Hierdurch wird verhindert, dass sich die Schraubverbindung zwischen dem Koppelstift und der Koppelhülse im Turbinenbetrieb lösen kann.

**[0014]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert und die Montage des Koppellements beschrieben.

**[0015]** Es zeigt:

- Fig. 1: Eine Detailansicht einer erfindungsgemäßen Turbinenstufe.
- Fig. 2-7.: Eine Darstellung der einzelnen Montageschritte eines Koppellements bei einer erfindungsgemäßen Turbinenstufe nach Fig. 1.

**[0016]** Die Figuren stellen jeweils nur eine schematische und nicht detailgetreue Darstellung der Erfindung dar. Gleiche bzw. funktionsgleiche Bauteile sind figurübergreifend mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0017]** Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Turbinenstufe. Die Figur zeigt dabei

nicht die komplette Turbinenstufe, sondern nur einen zur Darstellung der Erfindung notwendigen Ausschnitt. Die Figur ist dabei als Abwicklung dargestellt.

**[0018]** Die Turbinenstufe 1 umfasst einen Turbinenrotor 2 und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors 2 angeordnete Turbinenschaufeln 3. Jeweils zwei zueinander benachbarte Turbinenschaufeln 3', 3" sind mittels eines Koppellements 4 mechanisch miteinander gekoppelt. Hierzu weist die Turbinenschaufel eine entsprechende Durchgangsbohrung 5 auf, durch die das Koppellement hindurchragt. Das Koppellement 4 umfasst eine Koppelhülse 6 und einen Koppelstift 10 die im montierten Zustand miteinander verschraubt sind.

**[0019]** Die mechanische Koppelung sorgt dafür, dass eine Schwingungsanregung der Turbinenschaufeln 3', 3", die zu einer Beschädigung der Turbinenschaufeln oder einer Reduzierung der Lebensdauer der Bauteile führen kann, vermieden wird. Die Montage des Koppellements 4 wird nachfolgend anhand der Fig. 2-7 erläutert.

**[0020]** Bei der Montage des Koppellements 4 wird zunächst die Koppelhülse 6 durch die Bohrungen 5 der ersten Turbinenschaufel 3' und der zweiten Turbinenschaufel 3" geschoben. Die Bohrungen 5 weisen bevorzugt in beiden Turbinenschaufeln 3', 3" den gleichen Durchmesser D auf. Hierdurch können alle Turbinenschaufeln einer Turbinenstufe identisch ausgebildet werden. Die Koppelhülse 6 weist an einem Ende einen Anlagekopf 8 auf, dessen Durchmesser D1 größer ist als der Durchmesser D der Bohrungen 5 in den Turbinenschaufeln 3', 3". Hierdurch kann die Koppelhülse 6 beim Einschieben in die Bohrungen 5 nicht durch die Bohrung hindurch geschoben werden.

**[0021]** Nachdem die Koppelhülse durch die Bohrungen 5 hindurch geschoben wurde (Fig. 3), wird wie in Fig. 4 dargestellt, der Koppelstift 10 in die Koppelhülse 6 eingeschraubt. In der Koppelhülse 6 ist hierzu ein Innengewinde 7 und am Koppelstift 10 ein komplementär ausgebildetes Außengewinde 11 ausgebildet. Der Koppelstift 10 weist an dem, dem Anlagekopf 8 der Koppelhülse 6 gegenüberliegenden Ende einen Anlagekopf 12 auf dessen Durchmesser D2 wiederum größer ist als der Durchmesser D der Bohrungen 5. Hierdurch ist sichergestellt, dass das Koppellement 4 nach dem Verschrauben der Koppelhülse 6 mit dem Koppelstift 10 verliersicher zwischen den beiden Turbinenschaufeln 3', 3" montiert ist. Das Koppellement hat dabei nach der Montage und im Stillstand der Turbinenstufe ein gewisses Spiel und lässt sich dadurch sowohl in axialer als auch in radialer Richtung verschieben. Während des Betriebs der Turbine legt sich das Koppellement 4 auf Grund der Fliehkraft an die Bohrungen 5 an und sorgt dabei für die mechanische Koppelung der beiden Turbinenschaufeln 3' und 3" und damit für die Schwingungsdämpfung.

**[0022]** Fig. 5 zeigt das Koppellement 4 im montierten Zustand.

**[0023]** Damit sich die Verschraubung von Koppelhülse 6 und Koppelstift 10 nicht lösen kann wird das dem An-

lagekopf 12 gegenüberliegende Ende des Koppelstifts 6 plastisch verformt.

**[0024]** Hierzu wird z.B. wie in Figur 6 gezeigt, temporär eine Madenschraube 13 in die Koppelhülse 6 geschraubt, wodurch sich das Ende des Koppelstifts 10 plastisch verformt. Anschließend wird die Madenschraube 13 wieder entfernt und das Koppellement 4 ist damit vollständig montiert (Fig. 7).

zweiten Turbinenschaufel (3',3'') hindurchragt.

3. Turbinenstufe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem zweiten Anlagekopf (9) gegenüberliegende Ende des Koppelstifts (10) plastisch verformt ist, so dass ein Formschluss zwischen dem Koppelstift (8) und der Koppelhülse (5) besteht.

## Patentansprüche

1. Turbinenstufe (1), umfassend wenigstens einen Turbinenrotor (2) und mehrere über den Umfang des Turbinenrotors (2) angeordnete Turbinenschaufeln (3), sowie wenigstens ein Koppellement (4),

wobei in einer ersten Turbinenschaufel (3') und in einer zweiten, zur ersten benachbarten Turbinenschaufeln (3''), Durchgangsbohrungen (5) ausgebildet sind, durch die das Koppellement (4) hindurchragt und

wobei das Koppellement (4) die Turbinenschaufeln (3',3'') mechanisch miteinander koppelt,

**dadurch gekennzeichnet, dass** das Koppellement (4)

- eine Koppelhülse (6) mit einem Innengewinde (7) und einen, an einem Ende der Koppelhülse (6) ausgebildeten ersten Anlagekopf (8) aufweist, wobei der erste Anlagekopf (8) einen Durchmesser (D1) aufweist, der größer ist als der Durchmesser (D) der Durchgangsbohrung (5) durch die das Koppellement (4) hindurchragt und wobei der erste Anlagekopf (8) an der Außenseite (9) der ersten Turbinenschaufel (3') angeordnet ist,

- einen Koppelstift (10) mit einem komplementär zum Innengewinde (7) der Koppelhülse (6) ausgebildeten Außengewinde (11) und einem an einem Ende des Koppelstifts (10) ausgebildeten zweiten Anlagekopf (12) aufweist, wobei der zweite Anlagekopf (12) einen Durchmesser (D2) aufweist, der größer ist als der Durchmesser (D) der Durchgangsbohrung (5) durch die das Koppellement (4) hindurchragt und wobei der zweite Anlagekopf (12) an der Außenseite (13) der zweiten Turbinenschaufel (3'') angeordnet ist,

und wobei die Koppelhülse (6) und der Koppelstift (10) über das Innengewinde (7) und das Außengewinde (11) miteinander verschraubt sind.

2. Turbinenstufe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppelhülse (6) durch die Durchgangsbohrung (5) sowohl der ersten als auch der

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

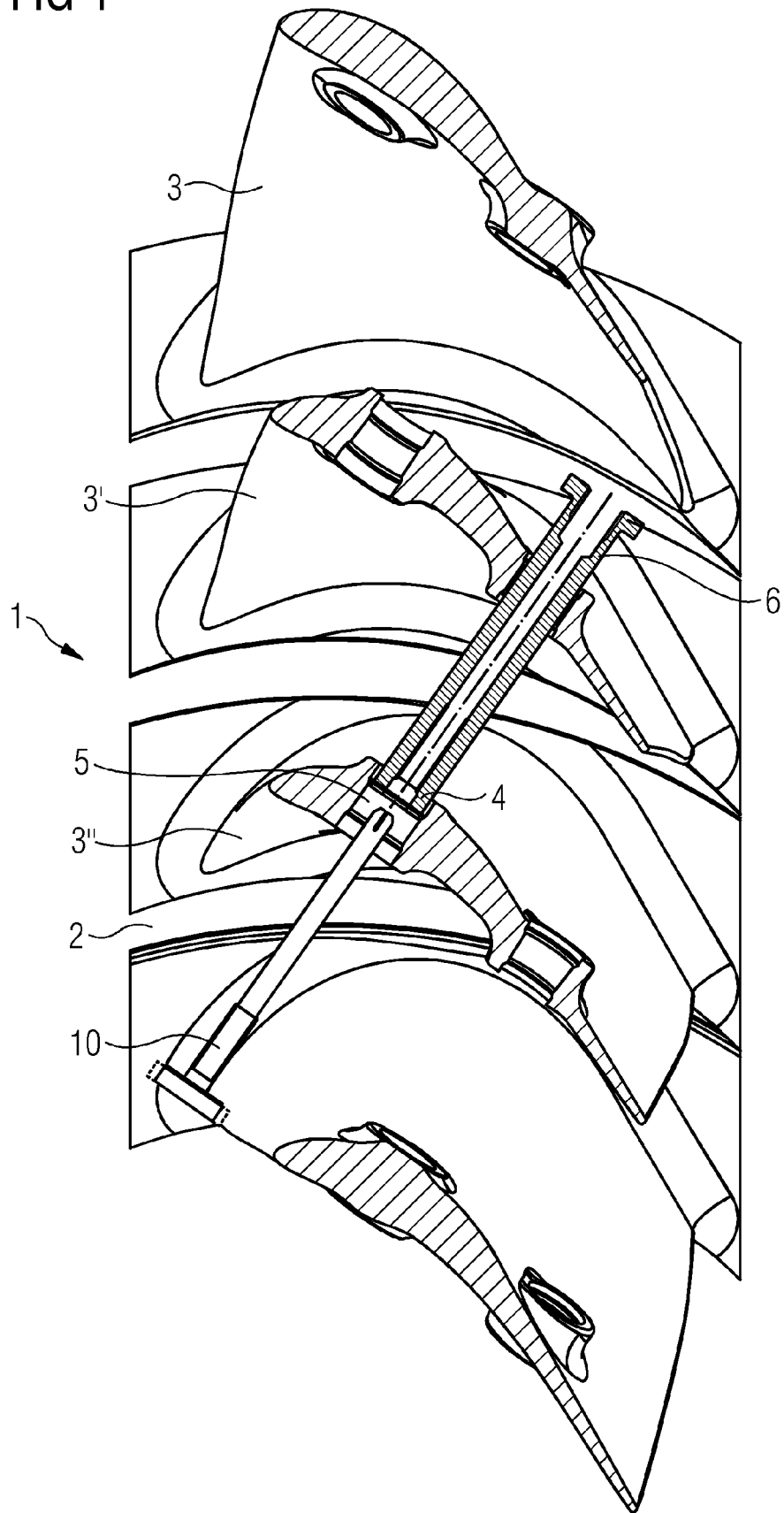


FIG 2

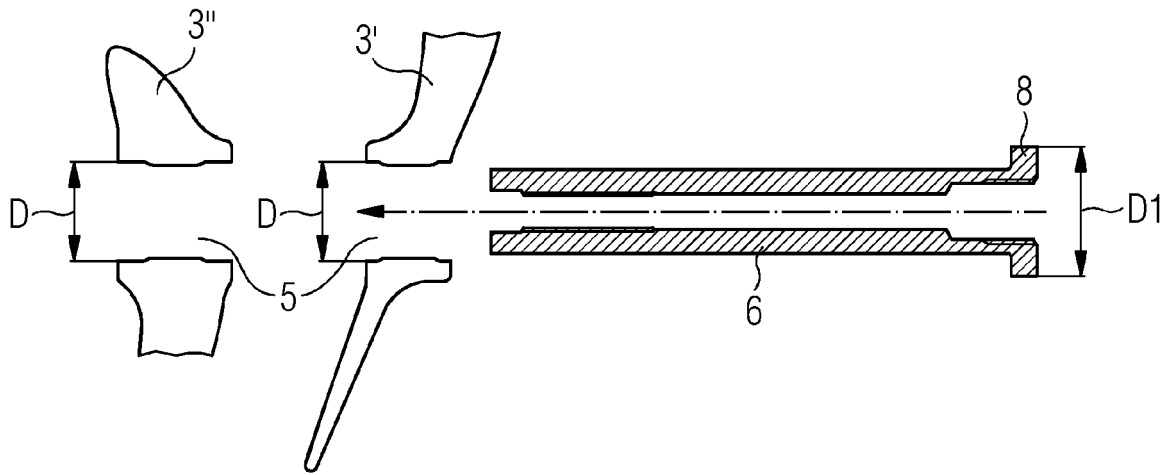


FIG 3

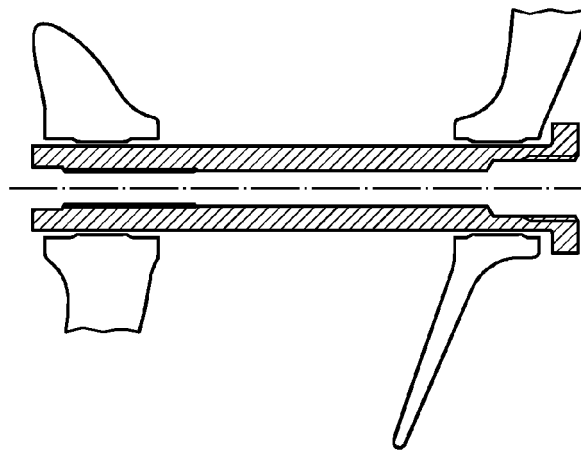


FIG 4

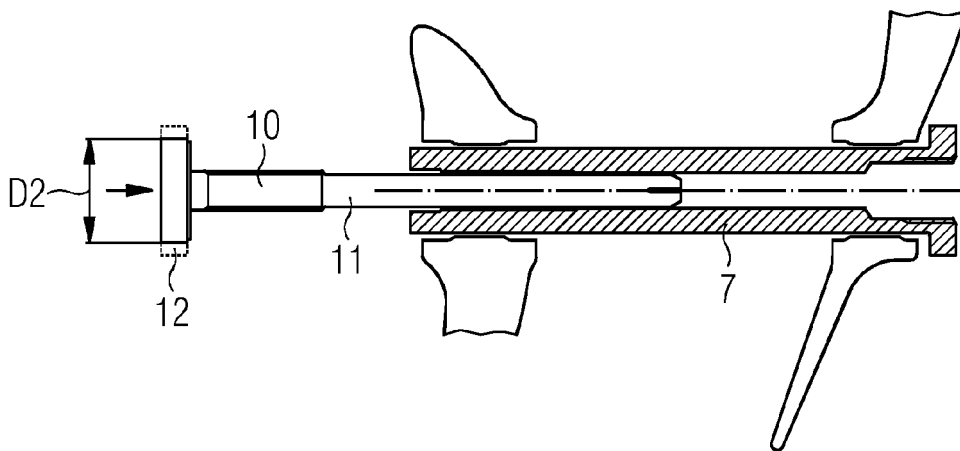


FIG 5

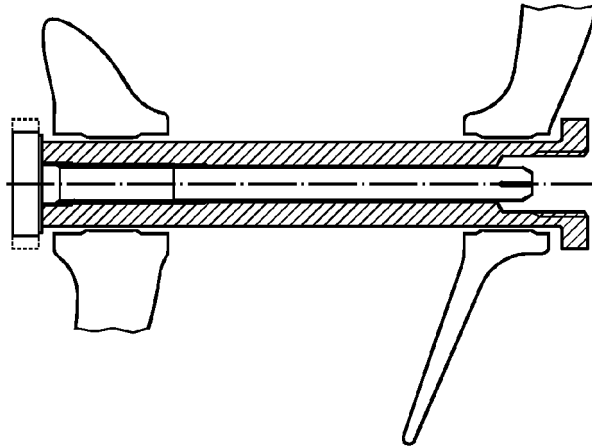


FIG 6

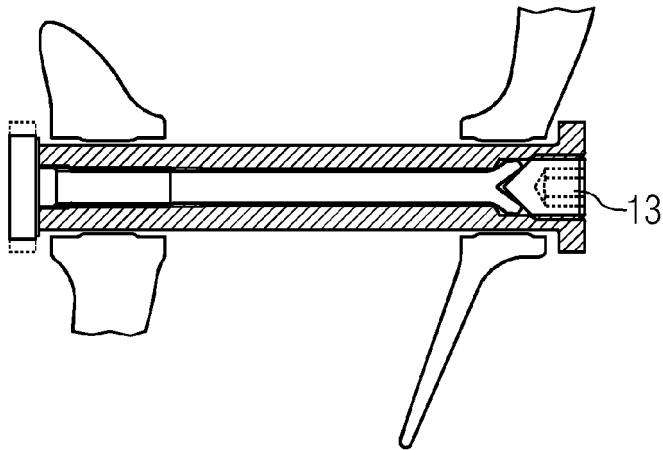
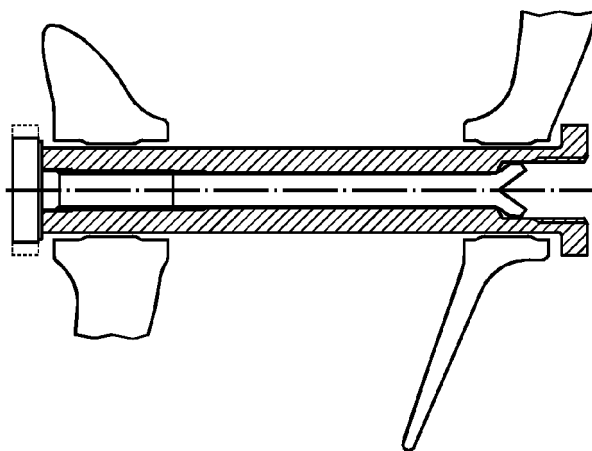


FIG 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 9690

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)
A, D	DE 10 2017 203308 A1 (SIEMENS AG [DE]) 6. September 2018 (2018-09-06) * Absätze [0017] - [0022]; Abbildungen 2, 3a, 3b *	1-3	INV. F01D5/22 F01D5/26
A, D	DE 10 2010 041702 A1 (SIEMENS AG [DE]) 5. April 2012 (2012-04-05) * Absätze [0016] - [0021]; Abbildungen 1, 2 *	1-3	
A	US 4 776 764 A (ORTOLANO RALPH J [US]) 11. Oktober 1988 (1988-10-11) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-7 *	1-3	
A	EP 0 335 299 A1 (SEMM TEC GMBH [DE]) 4. Oktober 1989 (1989-10-04) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>20. April 2022</b>	Prüfer <b>Avramidis, Pavlos</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 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 (F04C03)

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

EP 21 20 9690

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-04-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	<b>DE 102017203308 A1</b>	<b>06-09-2018</b>	<b>DE 102017203308 A1</b> <b>WO 2018157958 A1</b>	<b>06-09-2018</b> <b>07-09-2018</b>
15	<b>DE 102010041702 A1</b>	<b>05-04-2012</b>	<b>DE 102010041702 A1</b> <b>EP 2436878 A2</b>	<b>05-04-2012</b> <b>04-04-2012</b>
	<b>US 4776764 A</b>	<b>11-10-1988</b>	<b>KEINE</b>	
20	<b>EP 0335299 A1</b>	<b>04-10-1989</b>	<b>DE 3810537 A1</b> <b>EP 0335299 A1</b>	<b>19-10-1989</b> <b>04-10-1989</b>
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**

- DE 102010041702 A1 [0003]
- DE 102017203308 A1 [0004]