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

(11) **EP 2 036 816 A2**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.03.2009 Patentblatt 2009/12

(51) Int Cl.:
B63H 3/04 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **08015811.6**

(22) Anmeldetag: **09.09.2008**

(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 MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **13.09.2007 DE 102007043806**
24.07.2008 DE 102008034752

(71) Anmelder: **Schlemenat, Alfred W.**
45701 Herten (DE)

(72) Erfinder: **Schlemenat, Alfred W.**
45701 Herten (DE)

(54) Lösbare kraft- und formschlüssige Verbindung von einem Grundkörper mit einem drehbar gelagerten Bauteil

(57) Ein zwischen dem Grundkörper (1) und dem drehbar gelagerten Bauteil (4) angeordneter ringförmiger Adapter (6) ist im Bereich seiner Innenkontur mit dem Außenring (7) eines Wälzlagers (2) und im Bereich seiner Außenkontur mit dem Grundkörper (1) jeweils durch reibschlüssig wirkende keilförmige Elemente (9, 9') kraft- und formschlüssig verspannbar. Zugleich ist der Innenring (8) des Wälzlagers mit dem drehbaren Bauteil ebenfalls durch keilförmige Elemente (9") kraft- und formschlüssig verspannbar, so dass der ringförmige Adapter mit dem über das Wälzlager verbundenen drehbar gelagerten Bauteil als eine Funktions- / Montageeinheit (10) in der Öffnung des Grundkörpers einsetzbar und an einer Anlagefläche (11) zu positionieren ist. Der Montagevorgang sowie ein Austausch der kompletten Montageeinheit ist relativ einfach.
Hohe Kerbwirkungszahlen aufweisende Schrauben sind an der Übertragung von Belastungen nicht mehr beteiligt. Aufwendige Wartungsarbeiten zur Überprüfung bzw. Aufrechterhaltung von Schraubenvorspannkräften entfallen. Gelöste Schrauben führen beispielsweise infolge verspäteter oder nicht sorgfältig durchgeführter Kontrollen nicht mehr zu Problemen und Folgeschäden.

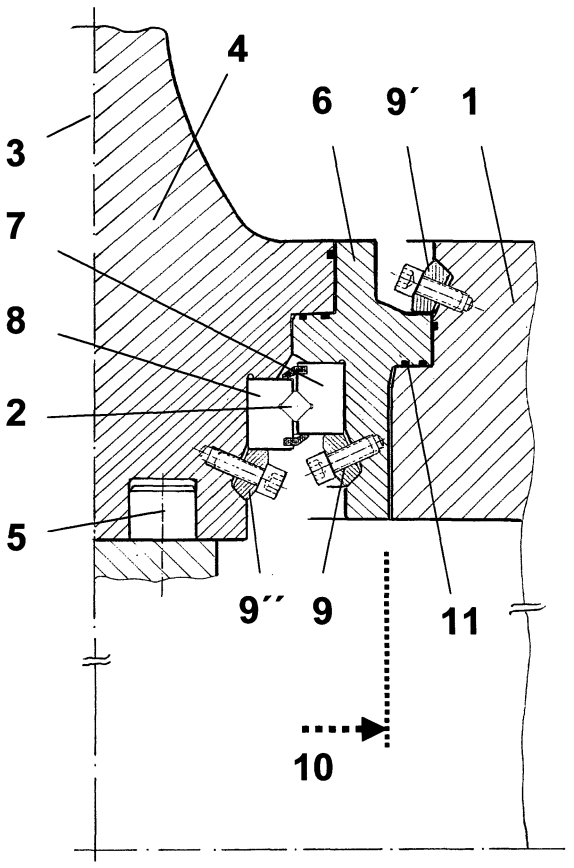


Fig. 1

EP 2 036 816 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine lösbare kraft- und formschlüssige Verbindung von einem Grundkörper mit einem um seine Rotationsachse drehbar gelagerten Bauteil, beispielsweise zwischen verstellbaren Propellern und einer Propellernabe der im Oberbegriff des Anspruches 1 angegebenen Gattung. Verstellbare Propeller werden genutzt zur Erzeugung von Vorschub in Wasserfahrzeugen sowie bei der Umwandlung der Strömungsenergie des Windes bzw. des Wassers in eine andere Energieform.

[0002] Verstellbare Propeller weisen zum Verdrehen der Propellerblätter um ihre Rotationsachse, dem stufenlosen Verändern der Steigung entsprechend der erforderlichen Betriebssituation einen Verstellmechanismus auf. Die Verstellkräfte werden z.B. elektrisch, mechanisch, hydraulisch oder in Kombination zueinander erzeugt. Vom Propellerblatt werden sämtliche Kräfte über die Blattlagerung auf die Propellernabe übertragen. Der Wirkmechanismus der verschiedenen Verstelleinrichtungen sowie die Ausführungen der Verbindungen zwischen Propeller und Nabe sind dem Fachmann geläufig. Beispielhaft für nahezu alle den Stand der Technik darstellenden Ausführungen von verstellbaren Propellern zur Erzeugung eines Vorschubs von Wasserfahrzeugen zeigt die EP 1 074 463 A3 sowohl eine lösbare Schraubenverbindung am Propellerfuß als auch eine anspruchsvolle und aufwendige Kinematik der zusammenwirkenden Komponenten. Entsprechend kostspielig gestaltet sich die Herstellung, der Zusammenbau und die Wartung.

[0003] Infolge ständig wechselnder Belastungen unterliegen sämtliche Schraubverbindungen jedoch dem Einfluß der Relaxation und der Ermüdung, so dass vor allem nach längeren Betriebszeiten ein Verlust der Vorspannkraft, also ein Lockern der Verbindung durch ein Gewindesetzen nicht auszuschließen ist. Obwohl die ermüdungsbruchgefährdeten und hohe Kerbwirkungszahlen aufweisenden Schrauben mit besonderer Sorgfalt auszulegen sind, führen derartige Verbindungen infolge gelockerter Schrauben nicht selten zu Problemen und Folgeschäden.

[0004] Zudem erfordern Großwälzlager aufgrund spezifizierter Forderungen der Lagerhersteller eine regelmäßige Kontrolle der Vorspannkräfte an den Befestigungsschrauben zum Lager. Folglich ist ein einfacher Zugang zu den Schrauben erforderlich. Dieser muß auch gewährleistet sein, wenn die Schrauben infolge Überlängung die geforderte Vorspannkraft nicht mehr aufweisen und ausgetauscht werden müssen.

[0005] Bei den bekannten Verbindungen wirken sich zusätzlich die beengten Platzverhältnisse in der Nabe auf die konstruktive Ausführung der Lagerung eines Propellers negativ aus, so dass mehrheitlich Gleitlager zur Anwendung gelangen. Besonders bei hohen Belastungen führt der Abrieb an den Gleitflächen jedoch zu einer Erhöhung der Verstellkräfte, dieses nicht selten zu Problemen während des Verstellvorgangs.

[0006] An den bekannten Verbindungen zur Umwandlung der Strömungsenergie des Windes in eine andere Energieform erfolgt die Kraft- und Momentenübertragung ebenfalls ausschließlich durch axial angeordnete Schrauben aus hochfesten Werkstoffen. Aufgrund hinreichender Erkenntnisse aus Prüfstandsversuchen und Erfahrungen aus der Praxis wurden für die Befestigungsschrauben der Großwälzlagerverbindungen an Windenergieanlagen umfangreiche Dimensionierungsrichtlinien und Empfehlungen für die Anschlußkonstruktionen erstellt. Die Wartungsvorschriften, besonders die Kontrolle der erforderlichen Schraubenvorspannungen sind entsprechend streng. Trotz dieser Maßnahmen führen gelöste Schrauben auch an diesen Verbindungen nicht selten zu Problemen.

[0007] Aus der EP 0 775 863 B1 und der EP 1 010 931 B1 ist dagegen eine kraft- und formschlüssige Verbindungsanordnung bekannt, bei der keilförmig verspannte Elemente zwischen den zu verbindenden Bauteilen einen Kraft- und Formschluß erzeugen. Von besonderer Bedeutung ist dabei, dass die zu übertragenden Kräfte / Momente nicht über Schrauben übertragen werden. Demzufolge kann ein Verlust der Vorspannkraft infolge Relaxation bzw. Ermüdung nicht auftreten. Durch das Zusammenwirken der lösbar miteinander verspannten Bauteile ist das nach dem Erfinder benannte Verbindungssystem "*Schlemenat*" vorteilhaft an Stelle aller konventionellen Verbindungen einzusetzen, an denen axial angeordnete Schrauben rotationssymmetrische Bauteile verbinden, wobei unabhängig vom Einsatzbereich, von der konstruktiven Gestaltung, vom Durchmesser oder der Betriebstemperatur höchste Belastungen (Druck, Kräfte, Momente) sicher übertragen werden, so auch an Verbindungen von Großwälzlagern mit der jeweiligen Anschlußkonstruktion. Anwendungen führen mittlerweile in nahezu allen Industriebereichen zu enormen wirtschaftlichen Vorteilen gegenüber konventionellen Verbindungen.

[0008] Zum Nachweis der zu erreichenden Vorteile wurde beispielsweise ein Test an einer umgestalteten 325 bar-Rohrleitungsverbindung durchgeführt (die Wandstärke der Rohre betrug 25 mm), bei dem im Anschluß an die mit dem 1.5fachen des Betriebsdrucks durchgeführte Druckprobe von 488 bar der Probedruck bis zum Versagen der Verbindung erhöht werden sollte. Bei einem unvorstellbar hohen Druck von 1750 bar mußte der Test jedoch abgebrochen werden, da nicht die Verbindung, sondern die Rohrkörper kurz vor dem Zerbersten standen. Die in jeder Hinsicht spektakulären Testergebnisse setzen somit für alle Anwendungsbereiche nicht nur neue Maßstäbe, sie zeigen eindrucksvoll, dass sogar die Belastungen sicher übertragen werden, die zum Versagen der Anschlußkonstruktionen führen. Unabhängig vom Einsatzbereich ist ein Versagen dieser Verbindungstechnologie, an der sämtliche Belastungen ausschließlich über die kraft- und formschlüssig verspannten Bauteile übertragen werden, ausgeschlossen.

Aussagekräftig ist vor allem, dass ein vergleichbarer Test mit einer konventionellen Verbindung nicht über ca. 650 bar hätte durchgeführt werden können, da infolge Schraubenlängung jede Dichtung - unabhängig von der Art und Ausführung - versagen würde. Bisher ausschließlich geschweißte Baugruppen lassen sich somit ebenfalls kraft- und formschlüssig miteinander verbinden.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, unter gleichzeitiger Nutzung der mit den kennzeichnenden Merkmalen der zuvor beschriebenen EP 0 775 863 B1 und EP 1 010 931 B1 zu erreichenden Vorteile eine lösbare wartungsfreie und ständig problemfrei zu nutzende Verbindung von einem Grundkörper mit einem an diesem angeordneten, um seine Rotationsachse drehbar gelagerten Bauteil zu schaffen, bei der die zuvor beschriebenen Nachteile beseitigt, Herstellungs- und Wartungskosten minimiert und Folgeschäden durch gelöste Schrauben vermieden werden. Im Vordergrund steht zudem eine Vereinfachung der Montage.

[0010] Die Lösung der Aufgaben ist Gegenstand der kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche.

[0011] Zwischen dem Grundkörper und dem drehbar gelagerten Bauteil wird ein ringförmiger Adapter auf der Rotationsachse des drehbaren Bauteils angeordnet, der im Bereich der Innenkontur mit dem Außenring des Wälzlagers und im Bereich seiner Außenkontur mit dem Grundkörper jeweils lösbar durch reibschlüssig wirkende keilförmige Elemente entsprechend der EP 0 775 863 B1 und EP 1 010 931 B1 kraft- und formschlüssig verspannbar ist. Der Innenring des Wälzlagers wird mit dem drehbaren Bauteil ebenfalls lösbar durch keilförmige Elemente kraft- und formschlüssig verspannt, so dass eine komplette Funktionseinheit, bestehend aus dem ringförmigen Adapter, dem integrierten Wälzlager und dem drehbaren Bauteil unter Werkstattbedingungen erstellt werden kann. Die angestrebte Vereinfachung der Montage wird dadurch erreicht, dass unabhängig vom Anwendungsfall und den Witterungsverhältnissen auf der Baustelle eine komplette Montageeinheit in die Öffnung des Grundkörpers relativ einfach einzusetzen und an einer Anlagefläche exakt zu positionieren und zu verspannen ist. Über die gesamte Betriebszeit ist eine Veränderung des verspannten Zustands ausgeschlossen.

[0012] Die Kraftübertragung vom Dreh- / Verstellmechanismus auf das drehbare Bauteil erfolgt entweder über eine formschlüssige Wirkverbindung, die bei beengten Platzverhältnissen während des Einsetzens der Montageeinheit in den Grundkörper infolge der ineinander greifenden und zusammenwirkenden Kontaktflächen hergestellt wird (beispielsweise zwischen einem Kulissenstein und einer Kulissenführung) oder bei größeren Durchmessern über Verbindungen entsprechend dem Stand der Technik. Besonders in dem Fall, dass nach längeren Betriebszeiten ein Austausch der kompletten Baugruppe am Betriebsstandort erforderlich wird, ist dieser relativ einfach und funktionssicher durchzuführen.

[0013] Bei allen Nutzungen der kraft- und formschlüssigen Verbindung stellt sich aufgrund eines günstigen Hebelarmes ein optimaler Kraftfluß durch die zu verbindenden Bauteile ein, so dass auftretende Stülpverformungen minimiert werden. Die keilförmigen Elemente weisen zwischen den Verspannflächen und der Verspannachse einen Winkel auf, der nicht größer ist als der Haftreibungswinkel der reibschlüssig zusammenwirkenden Materialien. Er stellt die Selbsthemmung der verspannten Bauteile sicher. Relativ kleine Schrauben, mit denen zuvor der verspannte Zustand erzeugt wurde, verhindern den Übergang von der Haft- zur Gleitreibung. Die zu übertragenden Kräfte / Momente werden somit ausschließlich durch Reibschluß übertragen. Hohe Kerbwirkungszahlen aufweisende Schrauben sind an der Übertragung von Belastungen nicht mehr beteiligt.

[0014] Unabhängig vom Anwendungsfall, dem industriellen Einsatzbereich und der Betriebszeit ist ein Verlust der Schraubenvorspannkraft infolge Relaxation bzw. Ermüdung ausgeschlossen. Somit entfallen an der erfindungsgemäßen lösbaren kraft- und formschlüssigen Verbindung zwischen den zu verbindenden Bauteilen aufwendige Wartungsarbeiten zur Überprüfung bzw. zur Aufrechterhaltung der Schraubenvorspannkräfte.

[0015] Die kraft- und formschlüssig verspannten Großwälzlager gemäß der kennzeichnenden Merkmale der zuvor beschriebenen EP 0 775 863 und der EP 1 010 931 B1 führen somit im Gegensatz zum Stand der Technik zu dauerhaft wartungsfreien und sicheren Verbindungen. Zudem weisen der Innen- und Außenring des Großwälzlagers keine Bohrungen zur Aufnahme von Schrauben auf. Aufgrund des dadurch erreichten minimalen Hebelarms stellt sich ein optimaler Kraftfluß durch die Wälzkörper ein, so daß die Forderungen der Lagerhersteller nach einer Konzentrierung des Anpressdruckes der Lagerverspannung nahe der Kraftwirkungslinie erfüllt werden. Die Funktionssicherheit der Großwälzlager wird somit erheblich heraufgesetzt, ein Klaffen der Klemmfuge wird vermieden. Der streng vorgeschriebene Wartungs- und Prüfaufwand der Schrauben sowie der freie Zugang zum Lager ist nicht mehr erforderlich. Dieses führt unabhängig von der industriellen Anwendung zur vereinfachten Konstruktion aller zusammenwirkenden Bauteile.

[0016] Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der drei dargestellten Figuren beschrieben.

[0017] Die Figur 1 zeigt in einem Schnitt den verspannten Zustand einer lösbaren kraft- und formschlüssigen Verbindung zwischen einer Propellernabe 1 und einem verstellbaren Propeller 4 zur Erzeugung von Vorschub in Wasserfahrzeugen. Zwischen dem Propellerfuß und der Propellernabe ist ein ringförmiger Adapter 6 angeordnet. Dieser ist im Bereich seiner Außenkontur mit der Propellernabe und im Bereich seiner Innenkontur mit dem Außenring 7 des abgebildeten Kreuzrollenlagers 2 jeweils lösbar durch keilförmige Elemente 9, 9' kraft- und formschlüssig verspannt. Zugleich ist der Innenring 8 des Wälzlagers 2 ebenfalls lösbar durch keilförmige Elemen-

te 9" kraft- und formschlüssig mit dem Fuß des Propellers verspannt. Aufgrund der beengten Platzsituation in der Nabe erfolgt die Verspannung der Funktionseinheit 10 von aussen. Zum Verschließen des verbleibenden Ringraumes in der Aussenkontur der Nabe bietet sich ein von außen eingelegtes in der Abbildung nicht dargestelltes Verschlußprofil zum Verringern des Strömungswiderstands an. Dichtungen zwischen den einzelnen Bauteilen sichern die Abdichtung zum Inneren der Propellernabe. Die Kraftübertragung vom Dreh- / Verstellmechanismus 5 auf den Propeller erfolgt über eine formschlüssige Wirkverbindung, die aufgrund der beengten Platzverhältnisse während des Einsetzens der Montageeinheit 10 infolge der ineinander greifenden und zusammenwirkenden Kontaktflächen hergestellt wurde. Schematisch dargestellt ist der Zapfen eines Kulissensteines in einer exzentrisch im Propellerfuß 4 angeordneten Bohrung.

[0018] Die Figur 2 zeigt analog zur Figur 1 in einem Schnitt den verspannten Zustand einer lösbaren kraft- und formschlüssigen Verbindung zwischen einer Nabe 1 und dem Rotorblattanschluss 4 einer Windenergieanlage. Aufgrund der beengten Platzsituation in der Nabe erfolgt die Verspannung der Funktionseinheit 10 ebenfalls von aussen. Die Kraftübertragung vom Dreh- / Verstellmechanismus auf das Rotorblatt ist nicht dargestellt.

[0019] Die Figur 3 zeigt in einer Schnittdarstellung ebenfalls den verspannten Zustand einer lösbaren kraft- und formschlüssigen Verbindung zwischen einer Nabe 1 und dem Rotorblattanschluss einer Windenergieanlage. Aufgrund eines größeren Nabendurchmessers erfolgt im Gegensatz zur Figur 2 die Verspannung der Funktionseinheit 10 jedoch aus dem Inneren der Nabe heraus.

Bezugsziffernliste:

[0020]

1 Grundkörper

2 Wälzlager

3 Rotationsachse

4 drehbar gelagertes Bauteil

5 Dreh- / Verstellmechanismus zum Drehen des Bauteils (4) um seine Rotationsachse (3)

6 ringförmiger Adapter

7 Aussenring des Wälzlagers (2)

8 Innenring des Wälzlagers (2)

9 keilförmige Elemente

10 Funktions- / Montageeinheit

11 Anlagefläche zum Positionieren der Funktions- / Montageeinheit (10) in der Öffnung des Grundkörpers (1)

Patentansprüche

1. Lösbare Verbindung von einem Grundkörper (1) mit einem durch ein Wälzlager (2) in einer Öffnung des Grundkörpers (1) drehbar um seine Rotationsachse (3) gelagerten Bauteil (4), mit einem an diesem wirkenden Dreh- / Verstellmechanismus (5),
dadurch gekennzeichnet,
dass ein ringförmiger Adapter (6) zwischen dem Grundkörper (1) und dem drehbar gelagerten Bauteil (4) auf dessen Rotationsachse (3) angeordnet ist, der im Bereich seiner Innenkontur mit dem Außenring (7) des Wälzlagers (2) und im Bereich seiner Außenkontur mit dem Grundkörper (1) jeweils durch reibschlüssig wirkende keilförmige Elemente (9, 9') kraft- und formschlüssig verspannbar ist,
dass der Innenring (8) des Wälzlagers (2) mit dem drehbaren Bauteil (4) ebenfalls durch reibschlüssig wirkende keilförmige Elemente (9") kraft-und formschlüssig verspannbar ist
und **dass** der ringförmige Adapter (6) mit dem über das Wälzlager (2) verbundenen drehbar gelagerten Bauteil (4) als eine Funktions- / Montageeinheit (10) in der Öffnung des Grundkörpers (1) einsetzbar und an einer Anlagefläche (11) zu positionieren ist.

2. Verbindung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass mit dem Einsetzen der Funktions- / Montageeinheit (10) in die Öffnung des Grundkörpers (1) eine Kraftübertragung zwischen dem drehbar gelagerten Bauteil (4) und dem Dreh- / Verstellmechanismus (5) gegeben ist.

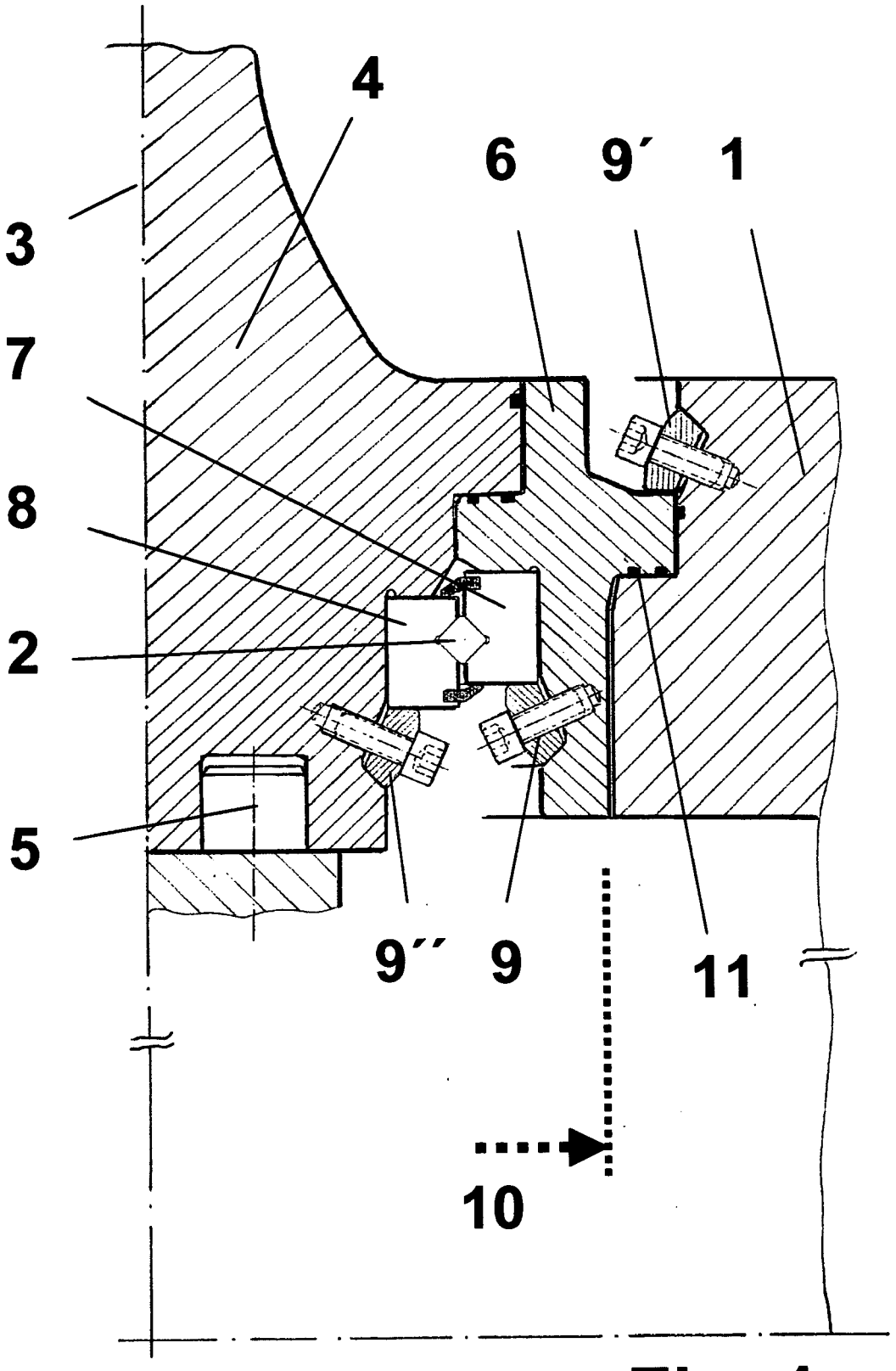


Fig. 1

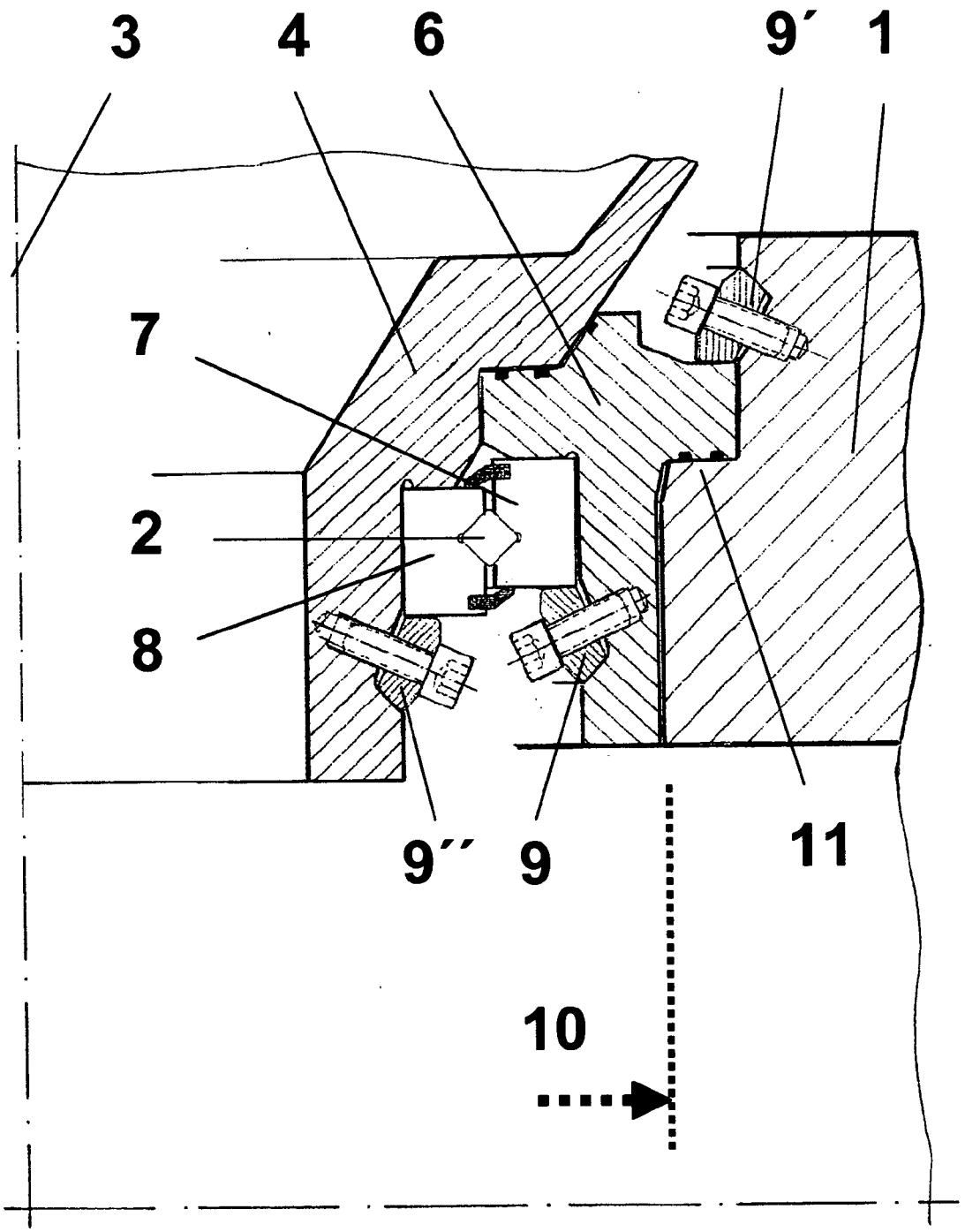


Fig. 2

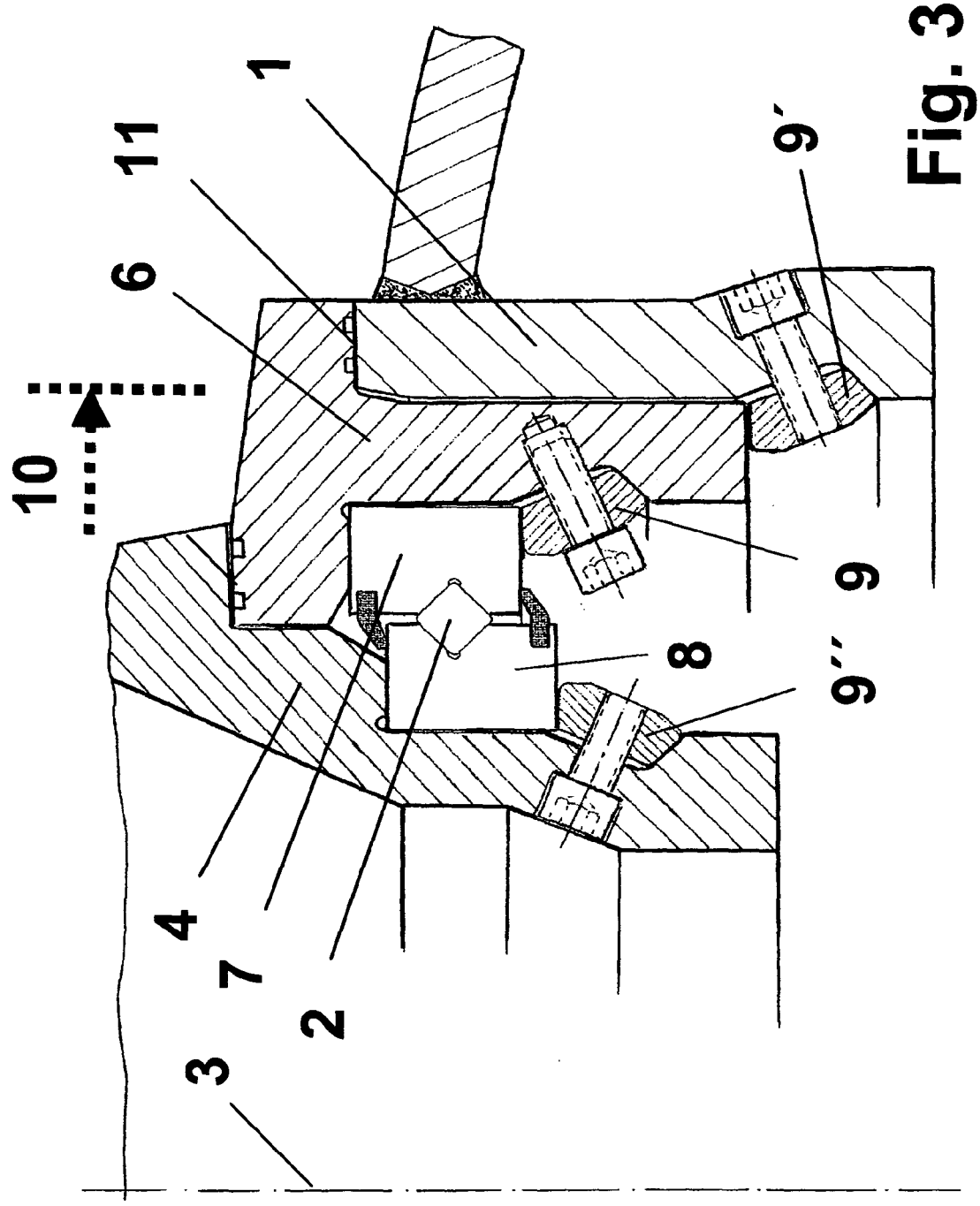


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1074463 A3 **[0002]**
- EP 0775863 B1 **[0007] [0009] [0011]**
- EP 1010931 B1 **[0007] [0009] [0011] [0015]**
- EP 0775863 A **[0015]**