

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Juni 2018 (28.06.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/113995 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 29/04 (2006.01) G01M 13/00 (2006.01)
G01N 29/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/082565

(22) Internationales Anmeldedatum:

23. Dezember 2016 (23.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP MILLSERVICES & SYSTEMS GMBH** [DE/DE]; Emschertalstrasse 12, 46149 Oberhausen (DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **BINISZKIEWICZ, Stefan**; Otto-Dibelius Straße 42, 46045 Oberhausen (DE).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: SHAFT WITH ULTRASONIC TEST HEAD, METHOD FOR THE IN SITU DETECTION OF A CHANGE POINT OF A SHAFT, AND USE OF A SHAFT

(54) Bezeichnung: WELLE MIT ULTRASCHALLPRÜFKOPF, VERFAHREN ZUR IN-SITU-DETEKTION EINER VERÄNDERUNGSSTELLE EINER WELLE UND VERWENDUNG EINER WELLE

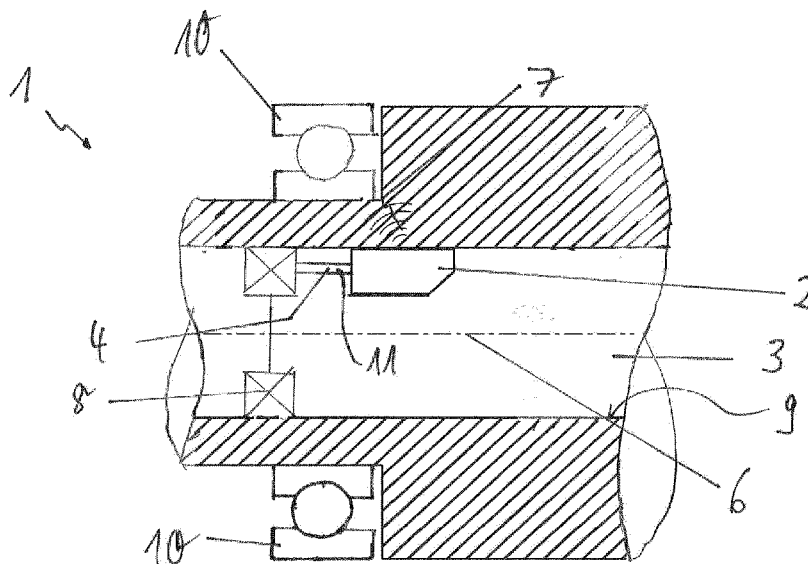


Fig. 1a

(57) Abstract: The invention relates to a shaft (1) with an ultrasonic test head (2) for use as part of a transmission. The shaft (1) is formed as a hollow shaft with a cavity (3) along at least one part of the extension of the shaft. The ultrasonic test head (2) is arranged on a positioning device (11) which can be found at least partly in the cavity (3) for positioning the ultrasonic test head within the cavity (3) of the shaft (1) such that the ultrasonic test head carries out a relative rotation about a rotational axis of the shaft (1) while the shaft (1) is rotating in order to carry out an in situ ultrasonic test during the use of the transmission. The invention additionally relates to a method for the in situ detection of a change point of a shaft and to a use.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Welle (1) mit Ultraschallprüfkopf (2) zur Verwendung als Teil eines Getriebes.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2018/113995 A1

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Welle (1) ist wenigstens entlang eines Teils ihrer Erstreckung als Hohlwelle mit einem Hohlraum (3) ausgebildet. Der Ultraschallprüfkopf (2) ist an einer wenigstens teilweise in dem Hohlraum (3) befindlichen Positioniervorrichtung (11) angeordnet zur Positionierung des Ultraschallprüfkopfes innerhalb des Hohlraums (3) der Welle (1) derart, dass der Ultraschallprüfkopf bei Rotation der Welle (1) eine relative Rotation um eine Rotationsachse der Welle (1) vollzieht zur in-situ Durchführung einer Ultraschallprüfung während einer Verwendung des Getriebes. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur in-situ-Detektion einer Veränderungsstelle einer Welle sowie eine Verwendung.

Welle mit Ultraschallprüfkopf, Verfahren zur in-situ-Detektion einer Veränderungsstelle einer Welle und Verwendung einer Welle

Die Erfindung betrifft eine Welle mit Ultraschallprüfkopf zur Verwendung als Teil eines Getriebes. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur in-situ-Detektion einer Veränderungsstelle einer Welle. Die Erfindung betrifft außerdem eine Verwendung einer Welle.

Wellen unterliegen aufgrund ihrer Funktion der Kraftübertragung zum Einen einer hohen Beanspruchung, welche zur Veränderung der Welle führen kann, beispielsweise zur Rissbildung. Zum Anderen ist in vielen Anwendungen vorteilhaft, wenn Veränderungsstellen rechtzeitig erkannt werden. Insbesondere bei sicherheitskritischen Anwendungen, beispielsweise bei Radachsen von Schienenfahrzeugen, ist eine rechtzeitige Erkennung von Veränderungsstellen vonnöten. Eine ex-situ-Überwachung weist hierfür jedoch den Nachteil auf, dass aufgrund der hiermit verbundenen regelmäßigen Stilllegung der entsprechenden Anlagen ein Betrieb für den Überwachungszeitraum unmöglich ist. Der hiermit verbundene Zeitaufwand und die hiermit verbundenen Kosten sollen möglichst vermieden werden.

Ein Ansatz zur Überwachung einer drehenden Welle, also zu einer in-situ-Überwachung, ist in der DE 10 2011 051 759 A1 erläutert. Das in der DE 10 2011 051 759 A1 erläuterte Verfahren sieht eine in-situ-Überwachung einer Welle auf Grundlage von Reflexionsspektren oder Ultraschallantworten von Ultraschallstrahlen vor. Zur Erfassung dieser Spektren wird einer oder werden mehrere Ultraschallprüfköpfe genutzt, die an der sich drehenden Welle stationär angeordnet sind. Eine möglichst umfassende Erfassung der Welle wird dadurch erreicht, dass mehrere Ultraschallprüfköpfe an unterschiedlichen Positionen an der Welle angeordnet werden. Insbesondere ist eine Anordnung an einer Stirnseite oder an einem Umfang der Welle vorgesehen. Diese Vorrichtung und die mit ihr vorgesehene Vorgehensweise weist jedoch den Nachteil auf, dass aufgrund der für eine umfassende Überwachung erforderlichen Anordnung mehrerer Ultraschallprüfköpfe ein hoher Aufwand entsteht. Dieser Aufwand wird zusätzlich dadurch verstärkt, dass je nach vorliegender geometrischer Konfiguration der Welle eine Nutzung unterschiedlicher Wellenarten, beispielsweise Transversalwelle, Longitudinalwelle oder überlagerte Transversal- und Longitudinalwellen genutzt werden, was den Aufwand zusätzlich erhöht.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine umfassende in-situ Überwachung einer Welle zu ermöglichen, für die eine geringere Anzahl von genutzten Ultraschallprüfköpfen ausreichend ist als in den aus dem Stand der Technik bekannten Beispielen.

Die Aufgabe wird mit einer Welle mit Ultraschallprüfkopf mit den Merkmalen des Anspruchs 1, mit einem Verfahren zur in-situ-Detektion einer Veränderungsstelle einer Welle mit den Merkmalen des Anspruchs 10 sowie mit der Verwendung des Anspruchs 12 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen gehen aus der nachfolgenden Beschreibung hervor. Ein oder mehrere Merkmale aus den Ansprüchen, der Beschreibung wie auch den Figuren können mit einem oder mehreren anderen Merkmalen daraus zu weiteren Ausgestaltungen der Erfindung verknüpft werden. Es können auch ein oder mehrere Merkmale aus den unabhängigen Ansprüchen durch ein oder mehrere andere Merkmale verknüpft werden. Der vorgeschlagene Gegenstand ist nur als Entwurf zur Formulierung der Erfindung aufzufassen, ohne diesen aber zu beschränken.

Es wird eine Welle mit Ultraschallprüfkopf zur Verwendung als Teil eines Getriebes vorgeschlagen. Die Welle ist wenigstens entlang eines Teils ihrer Erstreckung als Hohlwelle mit einem Hohlraum ausgebildet. Der Ultraschallprüfkopf ist an einer wenigstens teilweise in dem Hohlraum befindlichen Positioniervorrichtung angeordnet zur Positionierung des Ultraschallprüfkopfes innerhalb des Hohlraums der Welle derart, dass der Ultraschallprüfkopf bei Rotation der Welle eine relative Rotation um eine Rotationsachse der Welle vollzieht zur in-situ Durchführung einer Ultraschallprüfung während einer Verwendung des Getriebes.

Die Rotation muss nicht notwendigerweise eine geschlossene Kurve aufweisen; ebenso kann vorgesehen sein, dass zusätzlich zu einem vollständigem Umlauf des Ultraschallprüfkopfes um die Rotationsachse eine der Rotationsbewegung überlagerte Bewegung vorgesehen ist.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Ultraschallprüfkopf an einer wenigstens teilweise in dem Hohlraum befindlichen Positioniervorrichtung angeordnet ist zur Positionierung des Ultraschallprüfkopfes innerhalb des Hohlraums.

In einer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Positioniervorrichtung ein Wälzlager aufweist, das an einem Innenmantel des Hohlraums umlaufend angeordnet ist zur relativen Rotation des Ultraschallprüfkopfes um die Rotationsachse. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass der Ultraschallprüfkopf mittels eines Haltearms der Positioniervorrichtung an dem Wälzlager angeordnet ist, in dem der Haltearm von einem Außenring oder einem

Innenring des Wälzlagers in den Hohlraum ausgehend positioniert ist. Vorteil einer Positionierung an einem Wälzlager ist, dass je nach vorgesehener Lagerart und je nach Anordnung der Positioniervorrichtung an dem Außenring oder Innenring eine relativ zu dem Innenmantel des Hohlraums erfolgende Rotationsbewegung erfolgt oder eine relativ zu dem Innenmantel des Hohlraums erfolgende stationäre Positionierung vorliegt.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Hohlraum zylindrisch ausgebildet ist und dass ein als Kugellager ausgebildetes Wälzlager an einem Innenmantel des Hohlraums eingepasst ist.

In einer Weiterbildung kann auch vorgesehen sein, dass das Wälzlager als Pendelrollenlagervorgesehen ist. Hierdurch ergibt sich unter anderem der Vorteil, dass eine Gefahr einer Verformung der Positioniervorrichtung oder des Ultraschallprüfkopfes infolge belastungsbedingter Verformungen der Hohlwelle im Betrieb reduziert wird.

Der Ultraschallprüfkopf kann weiterhin beispielsweise an einem Innenmantel des Wälzlagers angeordnet sein. Ebenso kann vorgesehen sein, dass der Ultraschallprüfkopf in einem Außenring des Wälzlagers eingebettet ist, wodurch der Vorteil erfolgt, dass die Positioniervorrichtung Bestandteil des Wälzlagers ist und hierdurch eine Minimierung der erforderlichen Bauteilanzahl herbeigeführt wird.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Positioniervorrichtung ein Beförderungsmittel aufweist zur Bewegung des Ultraschallprüfkopfes innerhalb des Hohlraums. Insbesondere kann hierbei eine axiale Bewegung vorgesehen sein, wodurch der Vorteil herbeigeführt wird, dass bei Nutzung auch nur eines Ultraschallprüfkopfes eine umfassende Prüfung der Welle ermöglicht wird.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung kann beispielsweise vorsehen, dass das Beförderungsmittel ein Pilgerschrittgetriebe, ein Kopierwerk und/oder einen elektronischen Antrieb aufweist.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Hohlwelle wenigstens eine stirnseitig angeordnete Öffnung aufweist, in welche die Positioniervorrichtung hineinragend angeordnet ist.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann beispielsweise vorgesehen sein, dass der Ultraschallprüfkopf und die Welle derart ausgelegt sind, dass der Ultraschallprüfkopf in die Welle einbringbar ausgebildet ist und dass die Welle und/oder der Ultraschallprüfkopf ein Mittel zur reproduzierten Winkelorientierung des Ultraschallprüfkopfes in dem Hohlraum der Welle aufweist.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Ultraschallprüfkopf und die Welle derart ausgelegt sind, dass der Ultraschallprüfkopf in die Welle einbringbar ausgebildet ist und dass die Welle und/oder der Ultraschallprüfkopf ein Mittel zur Winkelpositionsermittlung des Ultraschallprüfkopfes in dem Hohlraum der Welle aufweist.

Eine Gewährleistung einer reproduzierten Winkelorientierung oder einer Winkelpositionsermittlung hat den Vorteil zur Folge, dass auch bei bauteilbedingt unregelmäßigen Verteilungen von Ultraschallantworten reflektierten Ultraschalls oder Ultraschallspektren auch nach einem Einbau des Ultraschallprüfkopfes eine reproduzierte Erfassung gewährleistet ist. Dieser Vorteil ist beispielsweise bei Großwälzlagern von besonderem Vorteil.

Bei Großwälzlagern kommen zusätzliche Rahmenbedingungen, die im Einsatz dieses Verfahrens zu berücksichtigen sind:

- Es liegen konstruktionsbedingte Unregelmäßigkeiten der durchschallten Bauteile, beispielsweise in Form von Bohrungen und Schmierstoffkanälen vor,
- Es liegen Unregelmäßigkeiten in dem Gefüge im Bereich des Härteschlupfes der Lauffläche vor,
- bei mehrteiligen Laufbahnen ergeben sich regelmäßige Unstetigkeiten durch die Stoßstellen.

Bei Vorhandensein eines Mittels zur reproduzierten Winkelorientierung, beispielsweise in Ausgestaltung einer geometrisch definierter am Lager verbleibender Aufnahmevorrichtung, oder bei Vorhandensein eines Mittels zur Winkelpositionsermittlung, beispielsweise in Ausgestaltung einer Markierung kann das System auch mobil eingesetzt werden. Dies führt den Vorteil herbei, dass der Ultraschallprüfkopf exakt reproduzierbar platzierbar ist, um die Einsetzbarkeit des Systems periodisch zur vorausschauenden Instandhaltung einzusetzen.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Ultraschallprüfkopf entlang einer zu einer Rotationsachse der Welle parallelen Richtung beweglich angeordnet ist. Mit einer zur Rotationsachse der Welle parallel orientierten Bewegung ist gewährleistet, dass Veränderungsstellen, beispielsweise infolge von Rissentwicklung an den entsprechend abgedeckten Bereichen frühzeitig erkannt werden kann.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Ultraschallprüfkopf relativ zum Getriebe ortsfest angeordnet ist. In einer derartigen Ausgestaltung ist eine Detektion von Veränderungsstellen entlang eines Umfangs der Hohlwelle in Folge der Drehbewegung der Welle gegeben bei zusätzlich vorliegendem Vorteil einer einfachen und somit unter anderem auch robusten Konstruktion.

In einer ebenfalls vorgesehenen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Welle einen Zugang aufweist zur Einbringung eines Einkoppelmittels zwischen einem Innenmantel des Hohlraums der Welle und einem Detektorbereich des Ultraschallprüfkopfes. Das Einkoppelmittel dient hierbei der akustischen Ankopplung. Als Einkoppelmittel können beispielsweise Öl, Fett, Wasser oder ein auf Öl, Fett und/oder Wasser basierendes Einkoppelmittel vorgesehen sein.

In vorteilhaften Weiterbildungen ist beispielsweise vorgesehen, dass der Ultraschallprüfkopf ein Einzelstrahlprüfkopf oder ein Phased-Array-Prüfkopf ist.

Ein weiterer, unabhängiger Gedanke der Erfindung sieht ein Verfahren zur in-situ-Detektion einer Veränderungsstelle einer Welle vor. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Einbringen eines Ultraschallprüfkopfes in einen Hohlraum der Welle,
- Richten eines Schallemissionsbereichs des Ultraschallprüfkopfes auf eine Kerbstelle und Emittieren von Ultraschall,
- kontinuierliche oder quasikontinuierliche Erfassung einer Ultraschallantwort reflektierten Ultraschalls mittels des Ultraschallprüfkopfes,

wobei eine relative Rotation des Ultraschallprüfkopfes um einen Innenumfang der Welle erfolgt.

Der Begriff der Ultraschallantwort bezeichnet hierbei ein Ergebnis einer Messung von reflektierten Ultraschallwellen. Beispielsweise kann es sich um eine Schallintensität von Ultraschall einer oder mehrerer oder vieler Schallfrequenzen unabhängig oder in Abhängigkeit von einer Laufzeit handeln. Ebenfalls kann möglich sein, dass eine Ultraschallantwort den Begriff des Ultraschallspektrum, das beispielsweise eine Schallintensität in Abhängigkeit von einer Schallfrequenz darstellt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung sieht das Verfahren eine Erfassung einer Ultraschallantwort als Schallintensität von Ultraschallwellen einer bestimmten Schallfrequenz oder eines bestimmten Schallfrequenzbereichs in Abhängigkeit von einer Laufzeit der Schallwelle vor.

In einer beispielhaften vorteilhaften Ausbildung eine Erfassung einer Ultraschallantwort als Schallintensität von Ultraschallwellen einer bestimmten Schallfrequenz in Abhängigkeit von einer Laufzeit der Schallwelle vor. Als bestimmte Schallfrequenz können beispielsweise eine Schallfrequenz von 2,5 MHz oder von 5,0 MHz vorgesehen sein. Aber auch sämtliche anderen Schallfrequenzen, die in einem zu untersuchenden Material eine Wellenlänge im Bereich des Ultraschallspektrums ergeben, können genutzt werden.

Eine Ausbildung des Verfahrens sieht vor, dass eine kontinuierliche oder quasikontinuierliche wiederholende Bewegung des Ultraschallprüfkopfs in einer zu einer Rotationsachse der Welle parallelen Richtung erfolgt.

In einem weiteren, unabhängigen Gedanken der Erfindung ist eine Verwendung einer der eingangs erläuterten Wellen in einem Hubgetriebe eines Kranwagens, in einem Generator, in einer Windkraftanlage oder in einem Brecherwerk vorgesehen.

Im Folgenden werden konkrete Ausgestaltungen der Erfindung mit Bezugnahme auf die Figuren im Detail näher erläutert. Die Figuren und begleitende Beschreibung der resultierenden Merkmale sind nicht beschränkend auf die jeweiligen Ausgestaltungen zu lesen, dienen jedoch der Illustration beispielhafter Ausgestaltung. Weiterhin können die jeweiligen Merkmale untereinander wie auch mit Merkmalen der obigen Beschreibung genutzt werden für mögliche weitere Entwicklungen und Verbesserungen der Erfindung, speziell bei zusätzlichen Ausgestaltungen, welche nicht dargestellt sind.

Es zeigen:

Fig. 1a: Welle mit Ultraschallprüfkopf in einer ersten Ausgestaltung,

Fig. 1b: Welle mit Ultraschallprüfkopf in einer zweiten Ausgestaltung,

Fig. 2a: Ultraschallantwort ohne Veränderungsstelle,

Fig. 2b: Ultraschallantwort mit Veränderungsstelle.

Fig. 1a ist eine Welle mit Ultraschallprüfkopf 2 in einer ersten Ausgestaltung zu entnehmen. Die Welle 1 mit einer Rotationsachse, die in der gezeigten Darstellung als strichgepunktete gerade Linie dargestellt ist, ist entlang der gesamten Erstreckung der Welle 1 als Hohlwelle ausgebildet. Die gezeigte Hohlwelle weist in der gezeigten Ausgestaltung entlang ihrer Erstreckung einen selben Innendurchmesser auf, der in einem ersten Abschnitt einen ersten Außendurchmesser und in einem zweiten Abschnitt einen zweiten Außendurchmesser aufweist. Die Welle ist unter anderem mit einem Kugellager 10 gelagert. Die Welle weist als Hohlwelle einen Hohlraum 3 auf. Innerhalb des Hohlraums 3 ist eine Positioniervorrichtung 11 eingebracht. Die Positioniervorrichtung 11 weist ein als Kugellager ausgebildetes Wälzlager 8 auf. Weiterhin weist die Positioniervorrichtung 11 einen Haltearm 4 auf, der an dem Wälzlager angeordnet ist. Der Ultraschallprüfkopf 2 ist nahe dem Innenmantel 9 der Welle 1 angeordnet und mit diesem über ein Einkoppelmittel akustisch gekoppelt. Bei einer Rotation der Welle 1 erfolgt eine relative Rotation des Ultraschallprüfkopfes 2 um die gemeinsame Rotationsachse der Welle 1 und des Wälzlagers 8 der Positioniervorrichtung 11. Eine derartige Rotation kann in der gegebenen Konfiguration beispielsweise über ein Vorhandensein eines Ungleichgewichts in der Gesamtanordnung der Positioniervorrichtung 11 und des Ultraschallprüfkopfes 2 erfolgen, wobei der Ultraschallprüfkopf in einem Einsatz Richtung Schwerkraftichtung bewegt wird. Je nach Position kann somit entweder eine Ultraschallantwort erhalten werden, das nicht auf eine Veränderungsstelle hinweist oder aber eine Ultraschallantwort erhalten werden die auf eine Veränderungsstelle hinweist, wie es in der gezeigten Darstellung in der dargestellten Position mit Veränderungsstelle 7 der Fall ist.

Fig. 1b unterscheidet sich von Fig. 1a insbesondere dahingehend, dass die Positioniervorrichtung 11 einen Haltearm 4 aufweist, der über eine stirnseitige Öffnung 12 in den Hohlraum 3 hineinragt. Der Haltearm trägt den Ultraschallprüfkopf 2 an dem Innenmantel 9 der Welle angekoppelt positioniert, wobei der Ultraschallprüfkopf 2 mittels eines Einkoppelmittels akustisch an dem Innenmantel 9 gekoppelt ist. An dem Haltearm 4 ist ein elektronischer Antrieb angeordnet, der eine Bewegung des Ultraschallprüfkopfes 2 entlang des Haltearms 4 herbeiführt, sodass die zusätzlich zur Rotationsbewegung parallel zur Rotationsachse erfolgende Bewegung zu einer größerflächigen Abdeckung der Detektion von Veränderungsstellen führt, beispielsweise in der gezeigten Darstellung zu der Veränderungsstelle 7.

Fig. 2a ist eine erste Ultraschallantwort zu entnehmen, das mit der Ausgestaltung gemäß Fig. 1 an einer Position der Ultraschallprüfkopfes 2 erhalten wird, an der keine Veränderungsstelle vorliegt. Fig. 2b ist eine zweite Ultraschallantwort zu entnehmen, die mit der Ausgestaltung

gemäß Fig. 1 an einer Position des Ultraschallprüfkopfes erhalten wird an der eine Veränderungsstelle vorliegt. Das Vorliegen einer als Riss ausgebildeten Veränderungsstelle ist in dem gezeigten Beispiel in einer Verbreiterung des mittleren und des rechten Peaks im Vergleich zu der Fig. 2a zu entnehmenden Ultraschallantwort ausgeprägt. Die gezeigten Ultraschallantworten der Figs. 2a und 2b stellen eine Intensität in dB von reflektierten Ultraschallwellen einer festen Schallfrequenz, in diesem Beispiel von 5 MHz, in Abhängigkeit von einer Schallaufzeit t in s dar.

Patentansprüche

1. Welle (1) mit Ultraschallprüfkopf (2) zur Verwendung als Teil eines Getriebes, wobei die Welle (1) wenigstens entlang eines Teils ihrer Erstreckung als Hohlwelle mit einem Hohlraum (3) ausgebildet ist,

der Ultraschallprüfkopf (2) an einer wenigstens teilweise in dem Hohlraum (3) befindlichen Positioniervorrichtung (11) zur Positionierung des Ultraschallprüfkopfes innerhalb des Hohlraums (3) der Welle (1) derart angeordnet ist, dass der Ultraschallprüfkopf bei Rotation der Welle (1) eine relative Rotation um eine Rotationsachse der Welle (1) vollzieht zur in-situ Durchführung einer Ultraschallprüfung während einer Verwendung des Getriebes.
2. Welle (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniervorrichtung (11) ein Wälzlager (8) aufweist, das an einem Innenmantel (9) des Hohlraums (3) umlaufend angeordnet ist zur relativen Rotation des Ultraschallprüfkopfes (2) um die Rotationsachse.
3. Welle (1) nach Anspruch 1 oder nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniervorrichtung (11) ein Beförderungsmittel (5) aufweist zur Bewegung des Ultraschallprüfkopfes innerhalb des Hohlraums.
4. Welle (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Beförderungsmittel (5) ein Pilgerschrittgetriebe, ein Kopierwerk und/oder einen elektronischen Antrieb aufweist.
5. Welle (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallprüfkopf (2) entlang einer zu einer Rotationsachse (6) der Welle (1) parallelen Richtung beweglich angeordnet ist.
6. Welle (1) nach Anspruch 1 oder nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallprüfkopf (2) relativ zum Getriebe ortsfest angeordnet ist.
7. Welle (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (1) einen Zugang aufweist zur Einbringung eines Einkoppelmittels zwischen einem Innenmantel des Hohlraums der Welle (1) und einem Detektorbereich des Ultraschallprüfkopfes (2).

8. Welle (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallprüfkopf (2) ein Einzelstrahlprüfkopf oder ein Phased-Array-Prüfkopf ist.
9. Verfahren zur in-situ-Detektion einer Veränderungsstelle (7) einer Welle, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
 - Einbringen eines Ultraschallprüfkopfes in einen Hohlraum (3) der Welle,
 - Richten eines Schallemissionsbereichs des Ultraschallprüfkopfes (3) auf eine Kerbstelle und Emittieren von Ultraschall,
 - kontinuierliche oder quasikontinuierliche Erfassung einer Ultraschallantwort reflektierten Ultraschalls,wobei eine relative Rotation des Ultraschallprüfkopfes (3) um eine Rotationsachse der Welle (1) erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine kontinuierliche oder quasikontinuierliche wiederholende Bewegung des Ultraschallprüfkopfes (3) in einer zu einer Rotationsachse (6) der Welle (1) parallelen Richtung erfolgt.
11. Verwendung einer Welle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 in einem Hubgetriebe eines Kranwagens, in einem Generator, in einer Windkraftanlage oder in einem Brecherwerk.

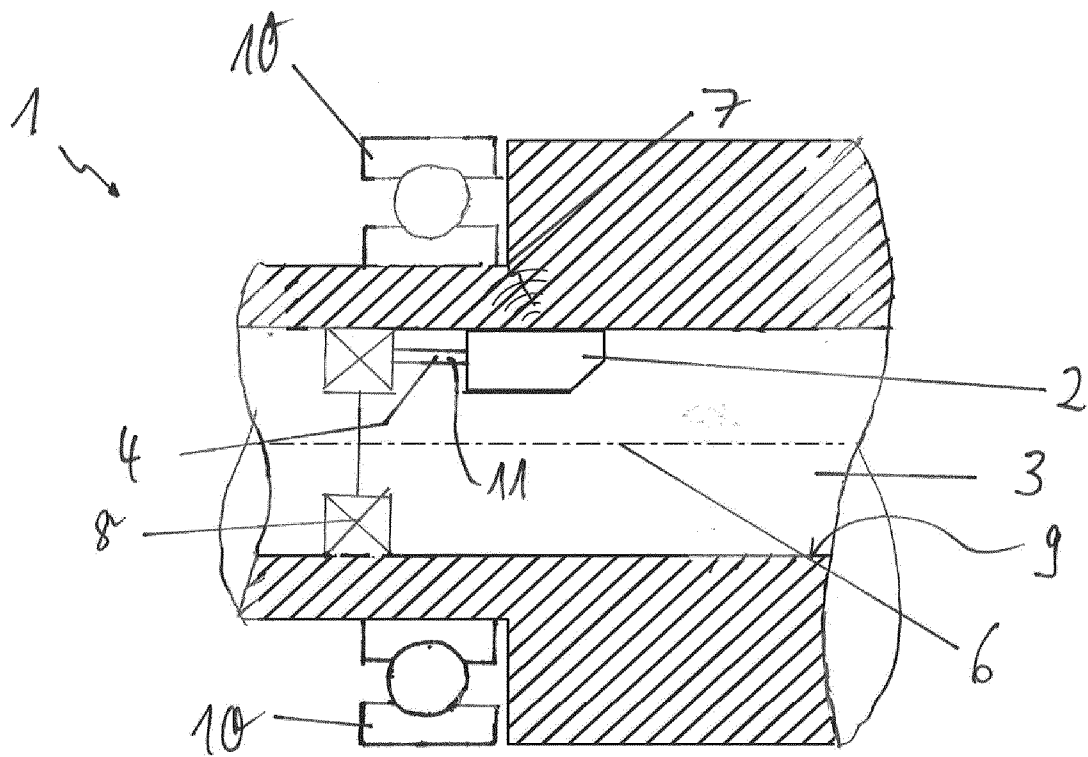


Fig. 1a

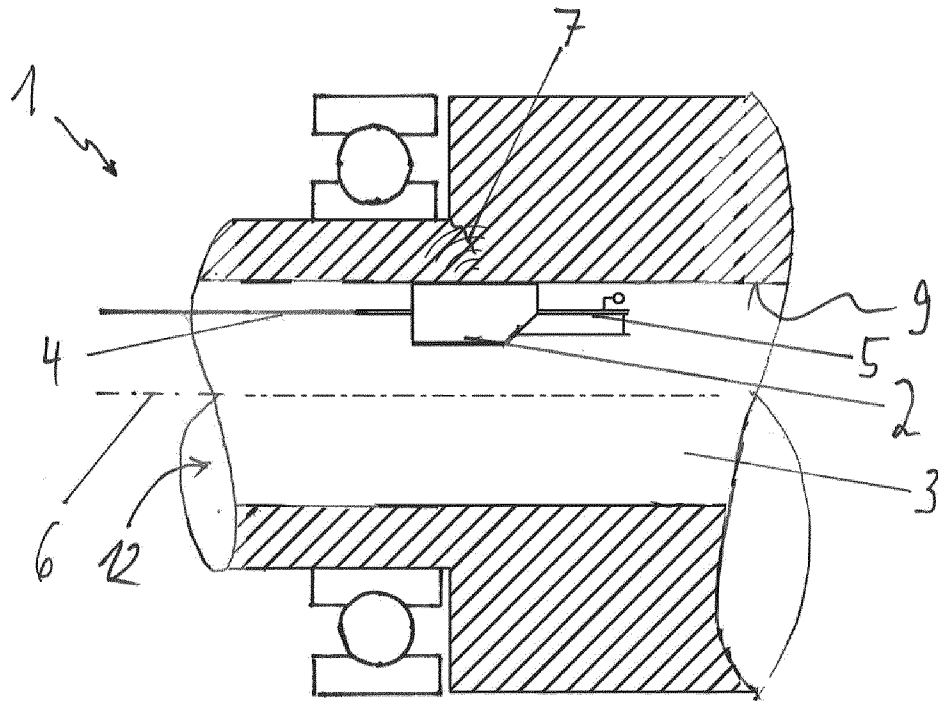


Fig. 1b

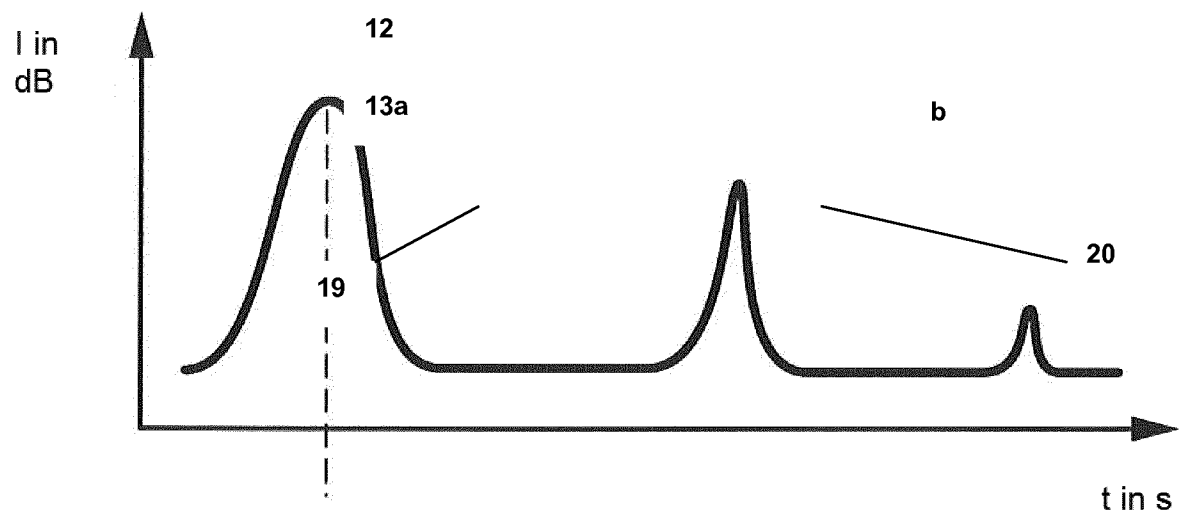


Fig. 2a

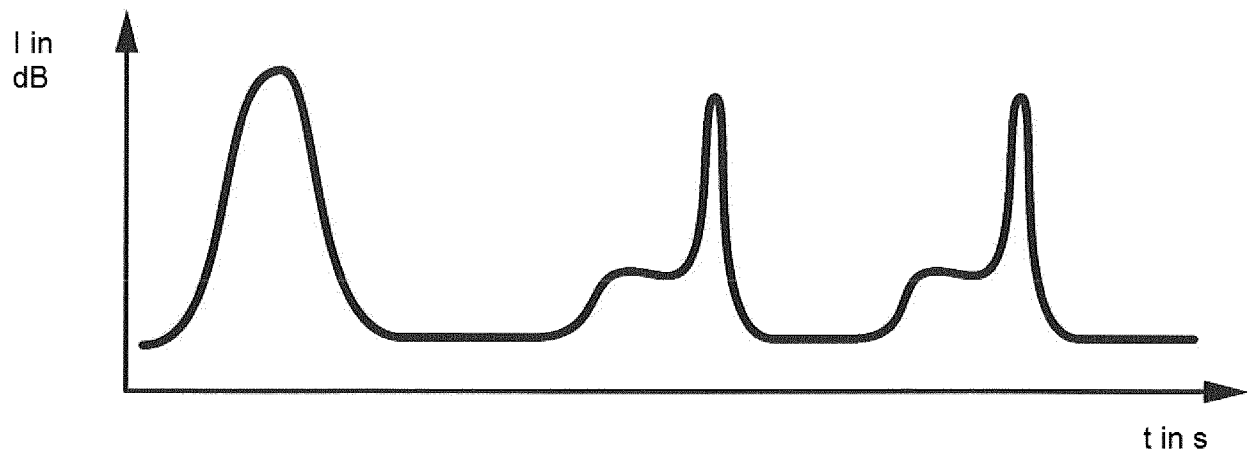


Fig. 2b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/082565

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01N29/04 G01N29/22 G01M13/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2011 051759 A1 (BAM BUNDESANSTALT MATFORSCHUNG [DE]) 17 January 2013 (2013-01-17) cited in the application	1,8,9,11
A	paragraph [0039]; figure 3 -----	2-7,10
X	DE 10 2010 040274 A1 (INTELLIGENDT SYS & SERV GMBH [DE]) 8 March 2012 (2012-03-08)	1,5-11
A	paragraphs [0002], [0017], [0021], [0025], [0026]; figures 3,4 -----	2-4
X	DE 34 14 809 A1 (SFENA [FR]) 31 October 1984 (1984-10-31) page 3, line 1 - page 4, line 9 page 10, lines 10-13 ----- -/-	1,8,9,11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 August 2017

Date of mailing of the international search report

21/08/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Filipas, Alin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/082565

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 1 213 578 A (ELECTRO DEV CORP [US]) 25 November 1970 (1970-11-25) page 1, lines 12-15 page 2, lines 33-37; claim 1 -----	1,8,9,11
X	DE 10 2015 106933 A1 (TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT [DE]) 10 November 2016 (2016-11-10) abstract paragraphs [0007], [0017]; figures 4,7 -----	1,8,9,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/082565

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011051759 A1	17-01-2013	NONE	
DE 102010040274 A1	08-03-2012	DE 102010040274 A1	08-03-2012
		EP 2614366 A1	17-07-2013
		US 2013180338 A1	18-07-2013
		WO 2012031988 A1	15-03-2012
DE 3414809 A1	31-10-1984	DE 3414809 A1	31-10-1984
		FR 2545170 A1	02-11-1984
		US 4651402 A	24-03-1987
		US 4732492 A	22-03-1988
GB 1213578 A	25-11-1970	FR 1556087 A	31-01-1969
		GB 1213578 A	25-11-1970
DE 102015106933 A1	10-11-2016	DE 102015106933 A1	10-11-2016
		WO 2016177356 A1	10-11-2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01N29/04 G01N29/22 G01M13/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01N G01M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 051759 A1 (BAM BUNDESANSTALT MATFORSCHUNG [DE]) 17. Januar 2013 (2013-01-17) in der Anmeldung erwähnt	1,8,9,11
A	Absatz [0039]; Abbildung 3 -----	2-7,10
X	DE 10 2010 040274 A1 (INTELLIGENDT SYS & SERV GMBH [DE]) 8. März 2012 (2012-03-08)	1,5-11
A	Absätze [0002], [0017], [0021], [0025], [0026]; Abbildungen 3,4 -----	2-4
X	DE 34 14 809 A1 (SFENA [FR]) 31. Oktober 1984 (1984-10-31) Seite 3, Zeile 1 - Seite 4, Zeile 9 Seite 10, Zeilen 10-13 ----- -/-	1,8,9,11
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. August 2017		21/08/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Filipas, Alin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 1 213 578 A (ELECTRO DEV CORP [US]) 25. November 1970 (1970-11-25) Seite 1, Zeilen 12-15 Seite 2, Zeilen 33-37; Anspruch 1 -----	1,8,9,11
X	DE 10 2015 106933 A1 (TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT [DE]) 10. November 2016 (2016-11-10) Zusammenfassung Absätze [0007], [0017]; Abbildungen 4,7 -----	1,8,9,11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/082565

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011051759 A1	17-01-2013	KEINE	
DE 102010040274 A1	08-03-2012	DE 102010040274 A1	08-03-2012
		EP 2614366 A1	17-07-2013
		US 2013180338 A1	18-07-2013
		WO 2012031988 A1	15-03-2012
DE 3414809 A1	31-10-1984	DE 3414809 A1	31-10-1984
		FR 2545170 A1	02-11-1984
		US 4651402 A	24-03-1987
		US 4732492 A	22-03-1988
GB 1213578 A	25-11-1970	FR 1556087 A	31-01-1969
		GB 1213578 A	25-11-1970
DE 102015106933 A1	10-11-2016	DE 102015106933 A1	10-11-2016
		WO 2016177356 A1	10-11-2016