

(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
23. August 2012 (23.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/110132 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F16H 49/00 (2006.01) *F16C 19/08* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/072078
- (22) Internationales Anmeldedatum:
7. Dezember 2011 (07.12.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 004 074.9
14. Februar 2011 (14.02.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHÄFER, Jens** [DE/DE]; Melbournestraße 8, 91074 Herzogenaurach (DE). **KOHRs, Mike** [DE/DE]; Lerchenweg 1, 91097 Oberreichenbach (DE). **BALKO, Jeffrey S.** [CA/DE]; Steinweg 9, 91074 Herzogenaurach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: HARMONIC DRIVE WITH STIFFNESS-OPTIMIZED WAVE GENERATOR

(54) Bezeichnung : WELLGETRIEBE MIT STEIFIGKEITSOPTIMIERTEM WELLGENERATOR

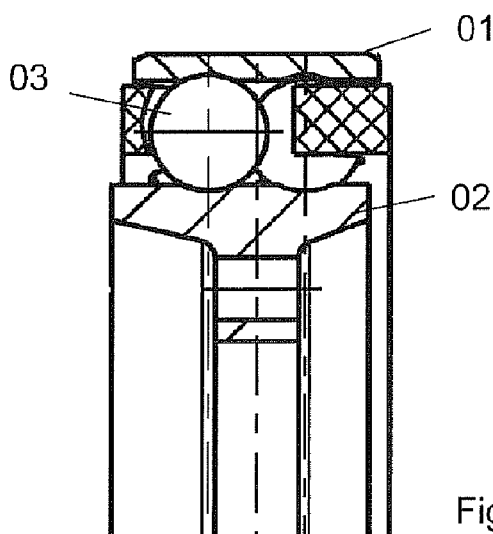


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a harmonic drive comprising at least one internally toothed ring gear, an externally toothed flexible spur gear mounted inside the ring gear and a wave generator, mounted inside the spur gear, for bending the spur gear in the radial direction, a torque-transmitting connection being established between the ring gear and the spur gear on two opposite locations of the spur gear, and the wave generator having a ring with an elliptical outer circumference and an elliptically deformed rolling bearing attached to the outer circumference and having an outer ring (01), an inner ring (02) and rolling elements (03) arranged between the outer ring (01) and the inner ring (02). The invention is characterized in that the wave generator has two rows of rolling elements (03).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Wellgetriebe mit mindestens einem Hohlrad mit einer Innenverzahnung, einem innerhalb des Hohlrads angeordnetem, flexiblen Stirnrad mit einer Außenverzahnung und einem innerhalb des Stirnrads angeordnetem Wellgenerator zum Biegen des Stirnrads in Radialrichtung, wobei zwischen Hohlrad und Stirnrad an zwei gegenüberliegenden Stellen des Stirnrads eine drehmomentübertragende Verbindung hergestellt ist, wobei der Wellgenerator einen Ring mit elliptischem

Außenumfang und ein auf dem Außenumfang angebrachtes elliptisch

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



verformtes Wälzlager mit einem Außenring (01), einem Innenring (02) und zwischen Außenring (01) und Innenring (02) angeordnete Wälzkörper (03) umfasst. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass der Wellgenerator zwei Reihen von Wälzkörpern (03) umfasst.

Bezeichnung der Erfindung

Wellgetriebe mit steifigkeitsoptimiertem Wellgenerator

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Wellgetriebe gemäß dem Oberbegriff des beigefügten Anspruchs 1. Außerdem betrifft die Erfindung einen Wellgenerator, der sich für den Einsatz in einem solchen Wellgetriebe eignet.

10

Wellgetriebe sind aus dem Stand der Technik bekannt, hierzu sei beispielsweise auf die DE 102 22 695 A1 verwiesen. Wellgetriebe beinhalten normalerweise einen zylindrischen starren Ring mit einer Innenverzahnung bzw. alternativ auch zwei zylindrische starre Ringe mit einer Innenverzahnung, ein flexibles außen verzahntes Zahnrad, das im Inneren des starren Hohlrads angeordnet ist, sowie einen Wellgenerator, der in das Innere des flexiblen Zahnrads eingepasst ist. Der Wellgenerator ist gebildet aus einem starren Wellgetriebeeinsatz mit elliptischem Umriss sowie einem Wellgetriebebelager, dass auf eine Außenumfangsfläche des Wellgetriebeeinsatzes gepasst ist, so dass das flexible

15 außen verzahntes Zahnrad, das im Inneren des starren Hohlrads angeordnet ist, sowie einen Wellgenerator, der in das Innere des flexiblen Zahnrads eingepasst ist. Der Wellgenerator ist gebildet aus einem starren Wellgetriebeeinsatz mit elliptischem Umriss sowie einem Wellgetriebebelager, dass auf eine Außenumfangsfläche des Wellgetriebeeinsatzes gepasst ist, so dass das flexible

20 Zahnrad in eine elliptische Form gebogen wird und die Außenverzahnung desselben, die an beiden Enden der Hauptachse der Ellipsenform angeordnet ist, mit der Innenverzahnung des starren Zahnrads kämmt. Wenn der Wellgenerator durch einen Motor oder dergleichen rotiert wird, bewegen sich die miteinander in Eingriff stehenden Teile der beiden Zahnräder in Umfangsrichtung. Da eine Differenz in der Anzahl von Zähnen zwischen dem Außenzahnrad und dem Innenzahnrad vorhanden ist, entsteht eine relative Rotation zwischen den Zahnrädern gemäß der Differenz in der Anzahl von Zähnen. Typischerweise beträgt die Differenz in der Anzahl von Zähnen zwei.

30 Wellgetriebe werden nach ihrer Bauweise in Topfgetriebe und Hülsengetriebe bzw. Flachgetriebe unterteilt. Beim Topfgetriebe ist das flexible Zahnrad in Topfform ausgeführt, dessen Boden an die Abtriebswelle angeflanscht ist. Das Übersetzungshohlrad wird als Flansch zur Anbindung an die Peripherie genutzt.

Beim Hülsegetriebe ist das flexible Zahnrad in Ringform ausgeführt. Es kommen zwei Hohlräder zum Einsatz, ein Übersetzungs- und ein Kupplungszahnrad, wobei das Kupplungszahnrad die identische Zähnezahzahl des flexiblen Zahnrads besitzt und das Übersetzungszahnrad mehr Zähne als das flexible Zahnrad aufweist. Bei schneller Drehung des Wellengenerators mit geringem Drehmoment entsteht eine Relativdrehung der beiden Hohlräder. Zwischen den Hohlrädern können die unteretzte Drehzahl und das hohe Drehmoment abgegriffen werden. Das Flachgetriebe wird häufig bei Nockenwellenantrieben eingesetzt.

10

Wellgetriebe können als elektromechanische Phasenversteller bzw. Nockenwellenversteller bei 3-Wellensystemen eingesetzt werden. Dem Wellensystem wird über die Antriebswelle, z.B. Nockenwellen-Kettenrad, die Antriebsleistung zugeführt, welche über die Abtriebswelle, z.B. Nockenwelle, wieder abgegeben wird. Der als Stellglied dienende Phasensteller ist dabei als Bindeglied zwischen der Antriebswelle und der zu treibenden Welle im Leistungsfluss angeordnet. Dies erlaubt über eine dritte Welle, die Verstellwelle, überlagert zur Antriebsleistung zusätzlich mechanische Leistung in das Wellensystem einzukoppeln oder aus diesem abzuführen. Dadurch kann die von der Antriebswelle vorgegebene Bewegungsfunktion zur Abtriebswelle verändert werden, z.B. kann ein Phasenversatz realisiert werden. Als Aktuatoren in solchen Dreiwellensystemen kommen häufig Elektromotoren zur Verstellung der Verstellwelle zum Einsatz. Es ist aber ebenso möglich, elektrische, mechanische oder hydraulische Bremsen, rotatorisch oder linear wirkende Elektromagnete, Magnetventile oder Linearmotoren bzw. -aktuatoren zu verwenden, um die Phasenverstellung zu ermöglichen.

Um die Peripherie bei Steuerungsfehlern der Aktuatorik vor unerwünschten Kollisionen von Bauteilen zu schützen, wird der Verstellbereich bzw. Antriebsbereich in der Regel durch die Begrenzung des Drehwinkels einer der drei Wellen relativ zu einer zweiten Welle bzw. relativ zum Gehäuse eingeschränkt. Dazu wird ein mechanischer Anschlag als integraler Bestandteil der Vorrichtung verwendet. Der Anschlag kann zwischen Antriebs- und Abtriebswelle, zwischen

30

Antriebs- und Verstellwelle oder zwischen Abtriebs- und Verstellwelle angeordnet sein. Der Anschlag ist im bekannten Stand der Technik in der Regel zwischen Abtriebswelle und Antriebseinheit realisiert. Die Begrenzung des Abtriebswinkels erfolgt im Stand der Technik immer nur einfach zwischen zwei
5 Getriebewellen, nie zweifach, also zwischen Abtrieb und Antrieb sowie zwischen Verstellwelle und Antrieb bzw. zwischen Verstellwelle und Abtrieb.

Des Weiteren können Wellgetriebe auch in 2-Wellen-Anordnungen eines 3-Wellengetriebes in Verstellantrieben eingesetzt werden. Hier werden sie vor-
10 rangig als Untersetzungsvorrichtungen für Stellantriebe im Automotivebereich sowie in Industrieanwendungen verwendet. Untersetzungsvorrichtungen dienen dazu, eine mit hoher Geschwindigkeit und niedriger Last eingespeiste Antriebsleistung eines Stellers in eine Abtriebsleistung mit geringer Geschwindigkeit und hoher Last zu wandeln. Es wird nur Leistung zwischen Verstellwelle und
15 Abtriebswelle übertragen. Die dritte Welle des Getriebes ist gehäusefest. Der Winkel der Abtriebswelle kann dabei mehr als 360° betragen.

Um bei Steuerungsfehlern der Aktuatorik die Peripherie vor Kollisionen von Bauteilen zu schützen, kann wiederum der Abtriebsdrehwinkel durch eine me-
20 chanische Begrenzung eingeschränkt werden. Der Anschlag kann hierbei zwischen Verstell- und Abtriebswelle, zwischen Abtriebswelle und Gehäuse oder zwischen Verstell- bzw. Abtriebswelle und Gehäuse ausgebildet sein. Der Anschlag ist üblicherweise zwischen Abtriebswelle und Gehäuse realisiert. Es können auch ausschließlich oder zusätzlich steuerungsseitige Begrenzungen
25 des Verstellweges vorgenommen werden. Hierbei wird der Weg der Abtriebswelle primär durch den von der Steuerung definierten Stellweg der Antriebs- bzw. Verstellwelle vorgegeben. Der Anschlag dient dann lediglich zur Absicherung von Fail-Safe-Zuständen.

30 Wie eben beschrieben, erfolgt die Verstellbereichsbegrenzung meist zwischen An- und Abtriebswelle bzw. zwischen Abtriebswelle und dem Gehäuse der Vorrichtung. Die nicht unmittelbar im Verstellwinkel bzw. Antriebswinkel begrenzte Verstellwelle wird über die Getriebekinematik und die Steifigkeit der Getriebe-

glieder abgebremst, sobald die Abtriebsseite die Grenze des Drehwinkels erreicht. Im Stand der Technik sind keine Maßnahmen definiert, die beim Erreichen des Anschlages im Stellglied auftretende Impulslasten in der Wirkung dämpfen. In Folge hoher Lasten können sich Getriebeglieder so stark verformen, dass sie untereinander kollidieren und das Stellglied zum Verklemmen bringen. Ferner können Getriebeteile frühzeitig ermüden bzw. müssen für den Normalbetrieb überdimensioniert werden, um auch die hohen Lasten im ungebremsten Anschlag zu ertragen. Dieser Zustand kann auch auftreten, wenn außerhalb eines evtl. vorhandenen Anschlages der Steller abrupt durch die Steuerung oder aufgrund einer Kollision (Anschlag außerhalb des Systems) abgebremst wird.

Wie bereits beschrieben, basiert das Prinzip des Wellgetriebes auf einem dünnwandigen flexiblen Stirnrad, welches durch den Wellgenerator umlaufend ovalisiert werden kann. Diese Flexibilität des Stirnrades führt aber auch dazu, dass es unter Last sowohl radial als auch axial und tangential im Zahnkontakt ausweichen kann. Sobald die Verformung bzw. Verlagerung des Stirnrades von der Getriebekinematik abweicht, können Eingriffsstörungen und Kollisionen zwischen den Getriebeteilen und Verzahnungen auftreten. Mit den bislang beim Wellgenerator üblicherweise verwendeten einreihigen Lagern kann ein radiales Ausweichen unter Last nicht verhindert werden, da der Außenring beim Einlaufen einer Wälzkörperlücke in die Lastzone nachgibt. Analog dem Außenring verformt sich auch das flexible Stirnrad. Daraus ergibt sich eine ungünstigere Pressungsverteilung im Zahnkontakt. Bei axial unsymmetrischem Lasteintrag kann das Stirnrad dadurch am Umfang stärker zwischen den belasteten und unbelasteten Sektoren verdrillt werden. Außerdem kann wegen der unzureichenden Abstützung in der Verzahnung das Wellgetriebe eher überlastet werden, wodurch es zum Klemmen bzw. Überschnappen kommen kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein verbessertes Wellgetriebe zur Verfügung zu stellen, mit welchem die unter Last auftretenden radialen Abweichungen im Zahnkontakt verhindert bzw. minimiert werden, wodurch die Getriebeteile vor Überlasten besser geschützt werden und ein Klem-

men bzw. eine Beschädigung der Getriebeteile weitestgehend verhindert werden. Hierdurch soll gleichzeitig auch eine bessere Ertragbarkeit der Impulslast beim Auftreffen im Endanschlag erreicht werden.

- 5 Zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe dient ein Wellgetriebe gemäß dem beigefügten Anspruch 1. Das erfindungsgemäße Wellgetriebe zeichnet sich dadurch aus, dass zwischen dem Außenring und dem Innenring des Wellengenerators zwei Reihen von Wälzkörpern angeordnet sind.
- 10 Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Wellgetriebes besteht darin, dass sich durch die Verwendung eines zweireihigen Lagers die Steifigkeit erhöht. Bei zweireihigen Lagern ist das flexible Stirnrad besser abgestützt als bei den bislang verwendeten einreihigen Lagern. Mit einem zweireihigen Lager ist die Verformung beim Einlaufen einer Wälzkörperlücke in die Lastzone geringer,
- 15 wodurch die Verzahnung besser abgestützt ist und das Getriebe weniger belastet wird. Hierdurch kann ein Verklemmen und eine dadurch hervorgerufene Beschädigung von Getriebeteilen weitestgehend verhindert werden.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform werden als Wälzkörper Nadeln oder

20 Rollen eingesetzt. Nadeln oder Rollen sorgen für eine besonders gute Abstützung der Verzahnung, wodurch eine weitere Verbesserung im Sinne des Überlastschutzes des Wellgetriebes erreicht wird. Natürlich können auch Kugeln als Wälzkörper eingesetzt werden.

25 Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn die Wälzkörper zueinander versetzt angeordnet sind. Durch diese versetzte Anordnung der Wälzkörper ist der Zahneingriff hier nahezu immer radial durch Wälzkörper direkt abgestützt. Damit ergibt sich ein kurzer, steifer Biegebalken.

30 Nach einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Wälzkörper in einem Wälzkörperkäfig angeordnet. Durch eine entsprechende Ausgestaltung des Wälzkörperkäfigs, beispielsweise als Schnappkäfig, soll ein Kontakt der Wälzkörper

untereinander vermieden werden. Hierdurch werden u. a. Reibungsverluste vermieden.

Des Weiteren hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn die Wälzkörper in
5 axialer Richtung einander überlappen. Die zwei Wälzkörperreihen sind hierbei axial 1% bis 99% ihres Kugeldurchmessers überlappend angeordnet. Daraus resultiert eine über den Umfang nahezu homogene Steifigkeitsverteilung. Die Kugellücken der einen Kugelreihe werden durch die Kugeln der zweiten Reihe je nach Überlappung teilweise ausgefüllt. Damit wird der Außenring im Bereich
10 der Kugellücken gestützt, so dass sich eine geringere Durchbiegung ergibt.

Bei einer weiteren günstigen Ausführungsform wird eine ungerade Anzahl von Wälzkörpern verwendet. Hierdurch kann ein durch die Drehung der Verstellwelle hervorgerufener Steifigkeitssprung reduziert werden. Bei gerader Wälzkörperanzahl ist die Verzahnung radial entweder durch beide gegenüberliegende
15 Wälzkörper sehr steif abgestützt, nach einer Drehung der Verstellwelle um $\frac{1}{2}$ Kugelteilung ist die Verzahnung dagegen nur noch durch beide Lücken radial weich abgestützt.

20 Von Vorteil ist es, ein Wälzlager mit einem reduzierten Wälzkörperabstand, bei dem eine höhere Wälzkörperanzahl bei kleinerer Wälzkörpergröße verwendet wird, einzusetzen. Hierbei hat sich eine Wälzkörperanzahl von ≥ 17 als zweckmäßig erwiesen. Besonders bevorzugte Ausführungen verwenden ≥ 21 Wälzkörper. Durch die Verwendung vieler, kleiner Wälzkörper kann eine be-
25 sondern gute Abstützung erreicht werden, da die Lücken zwischen den einzelnen Wälzkörpern minimiert werden.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die elastische radiale Durchbiegung von Stirnrad und Außenring zwischen zwei Wälzkörpern maximal $0,3 \times m$ beträgt, wobei
30 m für das Normalmodul der Verzahnung steht. Dadurch kann eine insgesamt gute Abstützung, auch in den Lücken zwischen den einzelnen Wälzkörpern, gewährleistet werden. Dieser Ansatz soll für die radiale Steifigkeit über den

Umfang und über die Breite des Lagers gelten. Hierbei ist die elastische Durchbiegung definiert als

$$w_{\text{ges}} = F_r / c_{\text{ges}}$$

5 mit

F_r - maximale Radiallast aus der Verzahnung, angenommen als Punktlast in der Mitte zwischen zwei Wälzkörpern

10 c_{ges} - Gesamtbiegesteife des Biegebalkens zwischen zwei Wälzkörpern, zusammengesetzt aus Steife des Außenringes und Steife des Stirnrades (Dämpfungsverluste zwischen beiden Ringen vernachlässigt)

$$c_{\text{ges}} = \frac{48}{s^3} \cdot (E_{\text{AR}} \cdot I_{y\text{AR}} + E_{\text{SR}} \cdot I_{y\text{SR}})$$

mit

15 s - Sehnenlänge zwischen zwei Wälzkörpern (vereinfachte Annahme als gerader Biegebalken)

E_{AR} - E-Modul Aussenring

E_{SR} - E-Modul Stirnrad

20 $I_{y\text{AR}}$ - Flächenmoment des AR um die Biegeachse (vereinfachte Annahme als Rechteckquerschnitt)

$I_{y\text{SR}}$ - Flächenmoment des Stirnrades um die Biegeachse (vereinfachte Annahme als Rechteckquerschnitt)

$$s = 2 \times r \times \sin(\gamma/2)$$

mit

25 r - Radius des Wälzkörperteilkreises

γ - Wälzkörperteilungswinkel Gamma

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird das Wellgetriebe als 3-Wellen-Verstellgetriebe zur Verstellung und Fixierung der Phasenlage einer
30 Nockenwelle eines Verbrennungsmotors gegenüber einer Kurbelwelle eingesetzt. Das Wellgetriebe kann jedoch auch in Untersetzungsrichtungen für Stellantriebe verwendet werden.

Zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe dient auch ein Wellgetriebe nach Anspruch 9. Bei dem hier beanspruchten Wellgetriebe kommt beim Wellgenerator statt eines Wälzlagers eine spielarme Gleitlagerung zum Einsatz. Durch die Gleitlagerung kann ebenfalls eine gute Abstützung der Verzahnung sichergestellt werden. Hierdurch kann die mögliche Gefahr eines Verklemmens bzw. einer Beschädigung von Getriebeteilen minimiert werden.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1: einen Teilbereich eines Wellgenerators nach dem Stand der Technik;

Fig. 2: einen Längsschnitt durch einen Wellgenerator nach dem Stand der Technik im Vergleich zu einem beim erfindungsgemäßen Wellgetriebe verwendeten Wellgenerator;

Fig. 3: einen Längsschnitt durch einen beim erfindungsgemäßen Wellgetriebe verwendeten Wellgenerator mit zueinander versetzt angeordneten Wälzkörpern;

Fig. 4: eine Darstellung des Steifigkeitsverlaufs der erfindungsgemäß optimierten Lösung im Vergleich zum Stand der Technik;

Fig. 5: einen Längsschnitt durch den beim erfindungsgemäßen Wellgetriebe verwendeten Wellgenerator mit axial überlappend angeordneten Wälzkörpern.

25

Fig. 1 zeigt einen Teilbereich eines Wellgenerators nach dem Stand der Technik. Im Stand der Technik werden beim Wellgenerator üblicherweise einreihige Wälzlager mit einem Außenring 01, einem Innenring 02 und einer zwischen Außenring 01 und Innenring 02 angeordneten Reihe von Wälzkörpern 03 verwendet. Auf den Wellgenerator wirkt eine Radialkraftkomponente 04 aus der

30

Verzahnung. In der linken Abbildung befindet sich ein Wälzkörper 03 direkt unterhalb des Zahneingriffs. Hierdurch ist eine steife radiale Abstützung eines flexiblen Stirnrads eines Wellengetriebes gewährleistet. In der rechten Abbildung ist eine zwischen zwei Wälzkörpern 03 befindliche Lücke 05 unterhalb des Zahneingriffs angeordnet. Hierdurch kann nur noch eine weiche radiale Abstützung realisiert werden. Aus der Darstellung ist ersichtlich, dass der Außenring 01 beim Einlaufen einer Lücke 05 in die Lastzone nachgibt (gestrichelte Linie). Das flexible Stirnrad verformt sich in gleicher Weise wie der Außenring 01.

10

Fig. 2 zeigt einen Längsschnitt durch einen Wellgenerator nach dem Stand der Technik (linke Abbildung) im Vergleich zu einem beim erfindungsgemäßen Wellgetriebe verwendeten Wellgenerator (rechte Abbildung). Dargestellt ist die radiale Abstützung über die Zahnbreite. In der Lastzone selbst ist über die Zahnbreite eine Änderung der radialen Einspannung zu beobachten. Wie links dargestellt, kann bei einem einreihigen Lager der Außenring 01 unter Wirkung der Radialkraftkomponente 04 ausweichen (gestrichelte Linie), woraus eine ungünstigere Pressungsverteilung im Zahnkontakt folgt. Bei axial unsymmetrischem Lasteintrag kann das flexible Stirnrad dadurch am Umfang stärker zwischen den belasteten und unbelasteten Sektoren verdrillt werden. Aufgrund der schlechteren Abstützung in der Verzahnung kann das Wellgetriebe eher überlastet werden und klemmen oder überschnappen. Der rechten Abbildung kann entnommen werden, dass bei Verwendung eines zweireihigen Lagers die Verformung des Außenrings 01 (gestrichelte Linie) wesentlich geringer ist. Das flexible Stirnrad wird somit besser abgestützt, die Gefahr von Getriebeüberlastungen und damit ggf. hervorgerufenen Verklemmungen und Beschädigungen von Getriebeteilen kann deutlich verringert werden.

Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch einen beim erfindungsgemäßen Wellgetriebe verwendeten Wellgenerator mit zueinander versetzt angeordneten Wälzkörpern. Bei dieser Ausführungsform ist der Zahneingriff im Wesentlichen immer durch Wälzkörper 03 direkt abgestützt. Es liegt somit stets eine steife radiale Abstützung vor.

30

Fig. 4 zeigt eine Darstellung des Steifigkeitsverlaufs der erfindungsgemäß optimierten Lösung im Vergleich zum Stand der Technik. Die gestrichelte Kurve stellt den Steifigkeitsverlauf der Lagerung beim Stand der Technik dar. Der durchgezogenen Kurve kann der Steifigkeitsverlauf der beim erfindungsgemä-

5 der Lagerung entnommen werden. Die Kurven erreichen in den Punkten A, in denen sich ein Wälzkörper in der Lastzone befindet ein Maximum und in den Punkten B in denen sich eine Wälzkörperlücke in der Lastzone befindet ein Minimum. Der Darstellung kann entnommen werden,

10 dass eine Lagerung beim Stand der Technik (gestrichelte Kurve) größere Steifigkeitsschwankungen aufweist als die erfindungsgemäß optimierte Lösung.

Fig. 5 zeigt einen Längsschnitt durch den beim erfindungsgemäßen Wellgetriebe verwendeten Wellgenerator mit axial überlappend angeordneten Wälzkörpern. Die Kugelspuren der beiden Wälzkörperreihen weisen eine axiale Über-

15 lappung b auf. Außerdem sind die Wälzkörper 03 in Umfangsrichtung um einen Kugelversatz a zueinander versetzt angeordnet.

Bezugzeichenliste

- 01 - Außenring
- 02 - Innenring
- 5 03 - Wälzkörper
- 04 - Radialkraftkomponente
- 05 - Lücke

- a Kugelversatz in Umfangsrichtung
- 10 b axiale Überlappung der Kugelspuren

Patentansprüche

1. Wellgetriebe mit mindestens einem Hohlrad mit einer Innenverzahnung,
5 einem innerhalb des Hohlrads angeordnetem, flexiblen Stirnrad mit einer
Außenverzahnung und einem innerhalb des Stirnrads angeordnetem
Wellgenerator zum Biegen des Stirnrads in Radialrichtung, wobei zwi-
schen Hohlrad und Stirnrad an zwei gegenüberliegenden Stellen des
Stirnrads eine drehmomentübertragende Verbindung hergestellt ist, wo-
bei der Wellgenerator einen Ring mit elliptischem Außenumfang und ein
10 auf dem Außenumfang angebrachtes elliptisch verformtes Wälzlager mit
einem Außenring (01), einem Innenring (02) und zwischen Außenring
(01) und Innenring (02) angeordnete Wälzkörper (03) umfasst, **dadurch
gekennzeichnet**, dass der Wellgenerator zwei Reihen von Wälzkörpern
(03) umfasst.
15
2. Wellgetriebe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
Wälzkörper (03) Nadeln oder Rollen sind.
3. Wellgetriebe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass
20 die Wälzkörper (03) zueinander versetzt angeordnet sind.
4. Wellgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass die Wälzkörper (03) in axialer Richtung einander über-
lappen.
25
5. Wellgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass die Wälzkörper (03) in einem Wälzkörperkäfig angeord-
net sind, wobei durch die Ausgestaltung des Wälzkörperkäfigs ein Kon-
takt der Wälzkörper untereinander vermieden wird.
30
6. Wellgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass eine ungerade Anzahl von Wälzkörpern (03) verwendet
wird.

- 5 7. Wellgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elastische radiale Durchbiegung von Stirnrad und Außenring (01) zwischen zwei Wälzkörpern (03) maximal $0,3 \cdot m$ betragen soll, wobei m das Normalmodul der Verzahnung ist.
- 10 8. Wellgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass es als 3-Wellen-Verstellgetriebe zur Verstellung und Fixierung der Phasenlage einer Nockenwelle eines Verbrennungsmotors gegenüber einer Kurbelwelle ausgebildet ist.
- 15 9. Wellgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass es als Untersetzungsvorrichtung für einen Stellantrieb ausgebildet ist.
- 20 10. Wellgenerator zum Biegen eines Stirnrads eines Wellgetriebes in Radialrichtung, umfassend einen Ring mit elliptischem Außenumfang und ein auf dem Außenumfang angebrachtes elliptisch verformtes Wälzlager mit einem Außenring (01), einem Innenring (02) und zwischen Außenring (01) und Innenring (02) angeordnete Wälzkörper (03), **dadurch gekennzeichnet**, dass er weiterhin zwei Reihen von Wälzkörpern (03) umfasst.

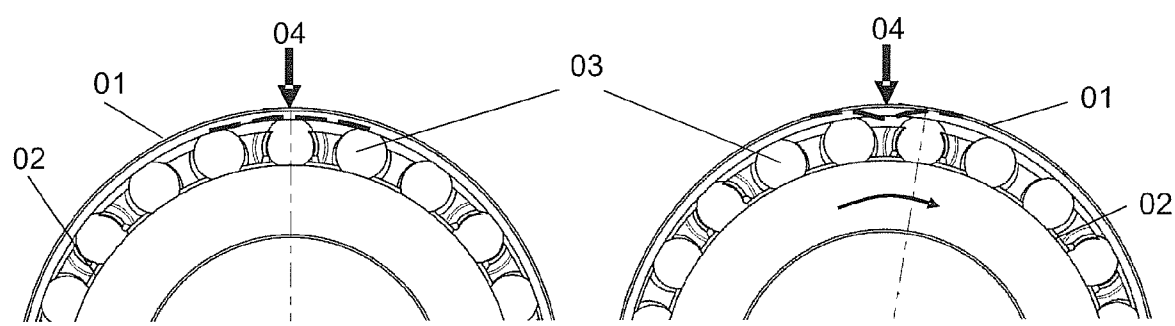


Fig. 1 - Stand der Technik

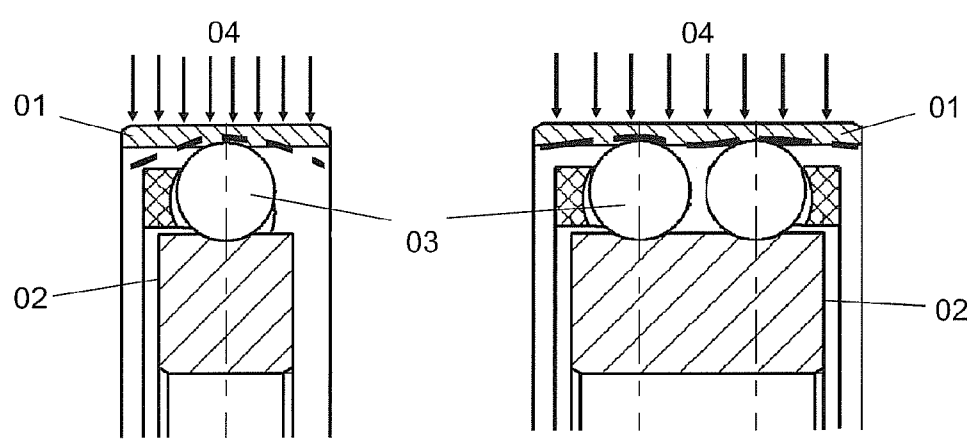


Fig. 2

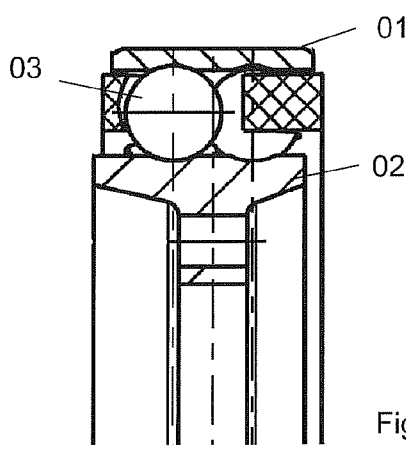


Fig. 3

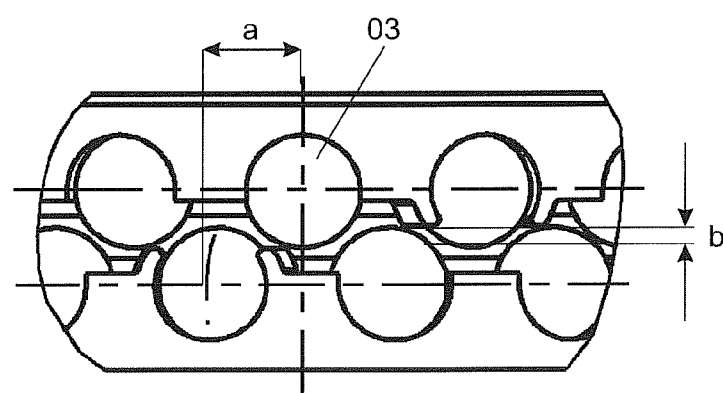


Fig. 5

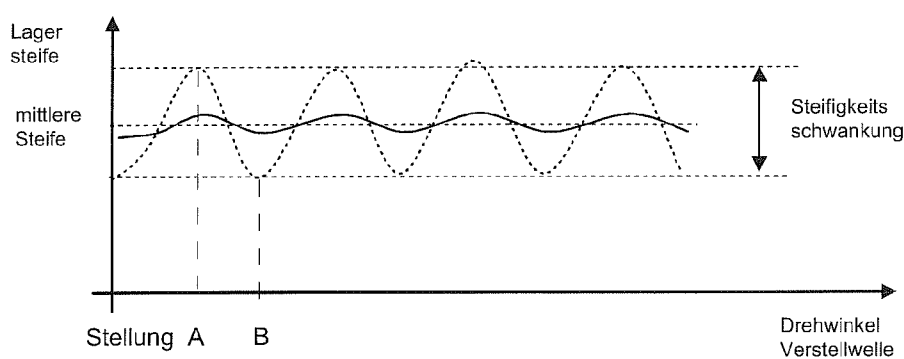


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/072078

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F16H49/00 F16C19/08
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)

F16H B25J F16C

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	EP 0 161 368 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 21 November 1985 (1985-11-21) page 2, line 19 - line 20; claims 1-3; figures 1-4 -----	1-3,5, 8-10 6 4,7
X	US 3 001 840 A (WALTON MUSSER C) 26 September 1961 (1961-09-26) column 5, line 47 - line 49; figures 16,18 -----	1,2,9,10
X	WO 95/00748 A1 (UNIV CLEMSON [US]) 5 January 1995 (1995-01-05) abstract; figures 1,2 -----	1,8
Y	JP H01 119959 U (UNKNOWN) 14 August 1989 (1989-08-14) figures 1,2 -----	6
	-/--	



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 document 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

5 March 2012

Date of mailing of the international search report

20/03/2012

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

Belz, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/072078

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 184 514 A1 (OVALO GMBH [DE]) 12 May 2010 (2010-05-12) paragraph [0017] -----	1-10
A	DE 11 67 147 B (UNITED SHOE MACHINERY CORP) 2 April 1964 (1964-04-02) figures 1-3 -----	1-10
A	WO 98/08008 A1 (IMS MORAT SOEHNE GMBH [DE]; HIRN HELMUT [DE]; LAUDENBACH FRANZ [DE]) 26 February 1998 (1998-02-26) claim 10 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/072078

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0161368	A1	21-11-1985	DE 3470927 D1 09-06-1988
		EP 0161368 A1	21-11-1985
		JP 1496819 C	16-05-1989
		JP 60143244 A	29-07-1985
		JP 63044988 B	07-09-1988
		US 4909098 A	20-03-1990

US 3001840	A	26-09-1961	NONE

WO 9500748	A1	05-01-1995	AU 7201294 A 17-01-1995
		US 5417186 A	23-05-1995
		WO 9500748 A1	05-01-1995

JP H01119959	U	14-08-1989	
EP 2184514	A1	12-05-2010	DE 102008053914 A1 06-05-2010
			EP 2184514 A1 12-05-2010

DE 1167147	B	02-04-1964	NONE

WO 9808008	A1	26-02-1998	AT 193360 T 15-06-2000
		AU 716119 B2	17-02-2000
		BR 9711644 A	18-01-2000
		CA 2263906 A1	26-02-1998
		CN 1231718 A	13-10-1999
		CZ 9900605 A3	14-06-2000
		DE 19735052 A1	05-03-1998
		DE 29614738 U1	24-10-1996
		EP 0918961 A1	02-06-1999
		ES 2147995 T3	01-10-2000
		HU 9903265 A2	28-02-2000
		JP 3263846 B2	11-03-2002
		JP 2000503752 A	28-03-2000
		PL 331887 A1	16-08-1999
		TR 9900410 T2	21-04-1999
		US 6220115 B1	24-04-2001
		WO 9808008 A1	26-02-1998
		ZA 9707528 A	19-02-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/072078

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F16H49/00 F16C19/08
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16H B25J F16C

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 161 368 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 21. November 1985 (1985-11-21)	1-3,5, 8-10
Y	Seite 2, Zeile 19 - Zeile 20; Ansprüche	6
A	1-3; Abbildungen 1-4	4,7
X	US 3 001 840 A (WALTON MUSSER C) 26. September 1961 (1961-09-26)	1,2,9,10
	Spalte 5, Zeile 47 - Zeile 49; Abbildungen 16,18	
X	WO 95/00748 A1 (UNIV CLEMSON [US]) 5. Januar 1995 (1995-01-05)	1,8
	Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	
Y	JP H01 119959 U (UNKNOWN) 14. August 1989 (1989-08-14)	6
	Abbildungen 1,2	
	-/-	

☒ 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" älteres Dokument, 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 anderen 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

5. März 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/03/2012

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

Belz, Thomas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 184 514 A1 (OVALO GMBH [DE]) 12. Mai 2010 (2010-05-12) Absatz [0017] -----	1-10
A	DE 11 67 147 B (UNITED SHOE MACHINERY CORP) 2. April 1964 (1964-04-02) Abbildungen 1-3 -----	1-10
A	WO 98/08008 A1 (IMS MORAT SOEHNE GMBH [DE]; HIRN HELMUT [DE]; LAUDENBACH FRANZ [DE]) 26. Februar 1998 (1998-02-26) Anspruch 10 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/072078

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0161368	A1	21-11-1985	DE 3470927 D1 09-06-1988
		EP 0161368 A1	21-11-1985
		JP 1496819 C	16-05-1989
		JP 60143244 A	29-07-1985
		JP 63044988 B	07-09-1988
		US 4909098 A	20-03-1990
US 3001840	A	26-09-1961	KEINE
WO 9500748	A1	05-01-1995	AU 7201294 A 17-01-1995
		US 5417186 A	23-05-1995
		WO 9500748 A1	05-01-1995
JP H01119959	U	14-08-1989	
EP 2184514	A1	12-05-2010	DE 102008053914 A1 06-05-2010
		EP 2184514 A1	12-05-2010
DE 1167147	B	02-04-1964	KEINE
WO 9808008	A1	26-02-1998	AT 193360 T 15-06-2000
		AU 716119 B2	17-02-2000
		BR 9711644 A	18-01-2000
		CA 2263906 A1	26-02-1998
		CN 1231718 A	13-10-1999
		CZ 9900605 A3	14-06-2000
		DE 19735052 A1	05-03-1998
		DE 29614738 U1	24-10-1996
		EP 0918961 A1	02-06-1999
		ES 2147995 T3	01-10-2000
		HU 9903265 A2	28-02-2000
		JP 3263846 B2	11-03-2002
		JP 2000503752 A	28-03-2000
		PL 331887 A1	16-08-1999
		TR 9900410 T2	21-04-1999
		US 6220115 B1	24-04-2001
		WO 9808008 A1	26-02-1998
		ZA 9707528 A	19-02-1998