

(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
26. Dezember 2019 (26.12.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/242936 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F16H 25/22 (2006.01) *B62D 5/04* (2006.01)
B62D 3/02 (2006.01) *F16H 25/20* (2006.01)

(72) **Erfinder: KLANK, Michael**; Meller Str. 153, 49084 Osnabrück (DE). **HAEGELE, Alexander**; Eimanns Esch 16, 49594 Alfhausen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/062250

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Mai 2019 (14.05.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 209 820.4
18. Juni 2018 (18.06.2018) DE

(71) **Anmelder: ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE]; Löwentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) **Title:** SPINDLE FOR AN ACTUATOR OF STEER-BY-WIRE STEERING, AND STEER-BY-WIRE STEERING

(54) **Bezeichnung:** SPINDEL FÜR EINEN AKTUATOR EINER STEER-BY-WIRE-LENKUNG SOWIE STEER-BY-WIRE-LENKUNG

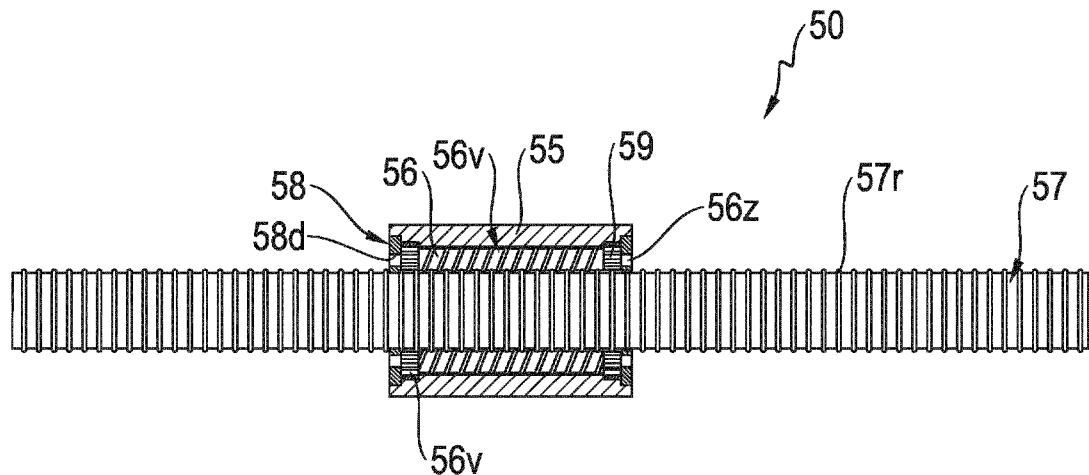


Fig. 4

(57) **Abstract:** The invention relates to a spindle drive (50, 60) for an actuator (10) of steer-by-wire steering, having a spindle (57, 67) which is arranged linearly movably in a spindle nut (55, 65), wherein the spindle drive (50, 60) is in the form of a roller screw drive with at least one threaded roller (46), wherein the ends of the at least one threaded roller (56, 66) have an external toothing (56v) and each mesh with an internal toothing (49i) of one gear rim (59), wherein the gear rims are arranged on the end sides within the spindle nut (55, 65), and wherein the at least one threaded roller (56, 66) is guided radially and axially by synchronizing rings (58) arranged within the spindle nut (55, 65). The invention is characterized in that the spindle (57, 67) has grooves (57r) spaced apart uniformly from one another in the longitudinal direction, and the at least one threaded roller (56, 66) has an external thread which is permanently in rolling engagement with the grooves (57r) of the threaded spindle such that the spindle (57, 67) is moved linearly by rotation of the spindle nut (55, 65).



WO 2019/242936 A1

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)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Spindelantrieb (50, 60) für einen Aktuator (10) einer steer-by-wire-Lenkung aufweisend eine Spindel (57, 67), welche in einer Spindelmutter (55, 65) linear verlagerbar angeordnet ist, wobei der Spindelantrieb (50, 60) als Rollengewindetrieb mit zumindest einer Gewinderolle (46) ausgebildet ist, wobei die Enden der zumindest einen Gewinderolle (56, 66) mit einer Außenverzahnung (56v) ausgebildet sind und jeweils mit einer Innenverzahnung (49i) jeweils eines Zahnkranzes (59) kämmen, wobei die Zahnkränze stirnseitig innerhalb der Spindelmutter (55, 65) angeordnet sind, wobei die zumindest eine Gewinderolle (56, 66) radial und axial durch innerhalb der Spindelmutter (55, 65) angeordnete Synchronringe (58) geführt ist. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Spindel (57, 67) in Längsrichtung gleichmäßig voneinander beabstandete Rillen (57r) aufweist und die zumindest eine Gewinderolle (56, 66) ein Außengewinde aufweist, welches mit den Rillen (57r) der Gewindespindel permanent in Wälzeingriff ist, so dass durch die Drehung der Spindelmutter (55, 65) eine Linearverlagerung der Spindel (57, 67) erfolgt.

Spindel für einen Aktuator einer steer-by-wire-Lenkung sowie steer-by-wire-Lenkung

Die Erfindung betrifft einen Spindelantrieb für einen Aktuator einer steer-by-wire-Lenkung sowie eine steer-by-wire-Lenkung nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Die DE 10 2009 040 606 A1 offenbart einen Planetenwälzgewindetrieb, der mit einer Vielzahl von über den Umfang verteilt angeordneten Planetenrollen versehen ist, die in Wälzeingriff mit einer Gewindespindel sowie einer Spindelmutter stehen. Die Gewindespindel weist eine Vielzahl von schraubenförmig um die Spindelachse gewundene Windungen auf, die wenigstens eine Gewinderille aufweisen. Die Spindelmutter ist an ihrem Innenumfang mit einem mutterseitigen Profil versehen, wobei das planetenseitige Profil der Planetenrollen in Wälzeingriff mit dem mutterseitigen Profil steht. Das planetenseitige Profil ist durch ringförmig geschlossene Rillen gebildet, die quer zur Planetenachse angeordnet sind. Die Planetenrollen laufen auf Planetenbahnen, die quer zur Spindelachse angeordnet sind. Die Herstellung des Gewindes der Spindel unterliegt Toleranzen, deren Einhaltung mit hohen Kosten verbunden sein kann.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte und kostengünstigere Alternative für einen Spindelantrieb aufzuzeigen.

Die Erfindung betrifft einen Spindelantrieb für einen Aktuator einer steer-by-wire-Lenkung, aufweisend eine Spindel, welche in einer Spindelmutter linear verlagerbar angeordnet ist und welche ein Bewegungsgewinde bilden. Die Spindelmutter ist ortsfest in dem Aktuator angeordnet und dort drehbar gelagert. Der Spindelantrieb ist als Rollengewindetrieb mit zumindest einer Gewinderolle ausgebildet, wobei die Enden der zumindest einen Gewinderolle mit einer Außenverzahnung ausgebildet sind und die jeweils mit einer Innenverzahnung jeweils eines Zahnkranzes kämmen. Die Zahnkränze sind an der Stirnseite, vorzugsweise innerhalb, der Spindelmutter angeordnet, wobei die zumindest eine Gewinderolle radial und axial durch innerhalb der Spindelmutter angeordnete Synchronringe geführt ist. Die Synchronringe sind als Scheiben ausgebildet, die ein oder mehrere Löcher, bevorzugt Bohrungen, aufweist, welche konzentrisch zur

Längsachse der Scheibe und somit auch konzentrisch zur Längsachse der Spindelmutter ausgebildet sind.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Spindel in Längsrichtung gleichmäßig voneinander beabstandete Rillen aufweist und die zumindest eine Gewinderolle ein Außengewinde aufweist. Die Rillen sind konzentrisch um die Längsachse der Spindel angeordnet. Die Spindel selbst weist also keine umlaufenden Windungen wie die Gewinderollen auf. Die Rillen haben keine Steigung bzw. deren Steigung ist null. Das Außengewinde der Gewinderolle ist mit den gleichmäßig auf der Gewindespindel verteilten Rillen permanent in Wälzeingriff, so dass durch die Drehung der Spindelmutter eine Linearverlagerung der Spindel erfolgt. Eine Spindel mit gleichmäßig voneinander beabstandeten Rillen kann kostengünstig mittels eines Rollverfahrens hergestellt werden. Die Herstellung ist hinsichtlich der Einhaltung von Toleranzen einfacher und somit kostengünstiger, als wenn mehrere Planetenrollen mit gleichmäßig voneinander beabstandeten Rillen hergestellt werden müssen, weil nur ein Bauteil - die Spindel – Rillen aufweist. Die für einen Aktuator einer steer-by-wire-Lenkung geeignete Spindel lässt sich in einem Arbeitsgang herstellen. Dabei lassen sich hohe Genauigkeiten erzielen, so dass die Rillen jeweils einen gleichen Abstand voneinander haben und eine gleiche Tiefe aufweisen. Dieses ist sehr wichtig, da die zumindest eine Gewinderolle gleichmäßig in Eingriff mit der Spindel sein muss, um einen reibungsarmen Betrieb zu gewährleisten.

Die Gewinderolle umläuft die Spindel auf einer konzentrisch zur Längsachse der Spindel ausgebildeten Bahn, quasi wie ein Planet bei einem Planetengetriebe. Die Längsachse der Spindelmutter fällt mit der Längsachse der Spindel zusammen. Statt einer Gewinderolle können bei Bedarf, z. B. wenn es die axiale Last auf die Spindel erfordert, auch zwei oder mehr Gewinderollen eingesetzt werden. Die Führung der zumindest einen Gewinderolle auf der konzentrischen Bahn wird durch die vorgenannten Synchronringe gewährleistet. Stirnseitig der Außenverzahnung an der zumindest einen Gewinderolle ist an dieser jeweils ein Zapfen angeordnet. Dieser hervorstehende Zapfen greift in ein Sackloch oder Durchgangsloch des jeweiligen Synchronrings. Der Synchronring ist form- und/oder kraftschlüssig in der Spindelmutter festgelegt. Die Synchronringe können beispielsweise in die Spindelmutter eingeschraubt sein. Alternativ sind die Syn-

chronringe in einen Absatz eingesetzt und die Stirnseiten der Spindelmutter sind an einer oder mehreren Stellen verformt, zum Beispiel umgebördelt, so dass die Synchronringe eine verdrehfeste Position innerhalb der Spindelmutter einnehmen. Die Synchronringe sind mit ihren Bohrungen oder Sacklöchern zueinander derart positioniert, dass die Längsachsen der Durchgangslöcher beziehungsweise Sacklöcher zusammenfallen und parallel zur Längsachse der Spindelmutter beziehungsweise der Spindel angeordnet sind. Die zumindest eine oder mehreren Längsachsen durch die Durchgangslöcher oder Sacklöcher laufen bei Drehung um die Spindelmutter konzentrisch zur Längsachse der Spindelmutter. Ein Verkanten der Gewinderolle beim Umlaufen der Spindel ist somit ausgeschlossen. Die zylindrische Innenwand der Spindelmutter weist kein Gewinde auf. Bei Drehung der Spindelmutter wird die Drehung der zumindest einen Gewinderolle durch deren Außenverzahnung bewirkt, wenn sich diese jeweils an der Innenverzahnung der Zahnkränze abwälzen.

Die zumindest eine Gewinderolle hat ein Außengewinde mit einer schraubenförmig um die Längsachse der Gewinderolle verlaufenden Windung. Das Gewinde hat eine Steigung, welche je nach erforderlicher Übersetzung ausgelegt ist. Angenommen es soll bei einer Umdrehung der Spindelmutter eine axiale Verlagerung der Spindel um 1 mm erreicht werden, dann würde bei einer Übersetzung von 4:1 bei der zumindest einen Gewinderolle eine Steigung von 0,25 mm benötigt. Diese Annahme ist lediglich beispielhaft und schränkt den Gegenstand der Erfindung nicht grundsätzlich auf dieses Übersetzungsverhältnis ein.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird die Spindelmutter mittels eines zur Spindel und zur Spindelmutter coaxial angeordneten elektrischen Motors angetrieben. Ein coaxialer elektromotorischer Antrieb ist in erster Linie vorteilhaft hinsichtlich des Bauraums. Beim coaxialen Antrieb liegen die Längsachsen des Motors und der Spindel beziehungsweise der Spindelmutter aufeinander bzw. es gibt eine gemeinsame Längsachse. Bevorzugt kann der Antrieb derart ausgebildet werden, dass die Spindelmutter den Rotor des elektrischen Motors bildet. Hierdurch kann hinsichtlich des Bauraums nochmals Platz gespart werden, weil ansonsten der Rotor des elektrischen Motors noch außerhalb der Spindelmutter aufbauen würde. Der Vorteil ist eine weitere Bauraumreduzierung.

In einer alternativen Ausführungsform wird die Spindelmutter mittels eines zur Spindel und zur Spindelmutter achsparallel angeordneten elektrischen Motors angetrieben. Hierzu ist auf der Antriebsachse des Motors ein Antriebsritzel angeordnet und auf der Spindelmutter ist ein Riemenrad angeordnet. Bevorzugt weisen das Motorritzel und das Riemenrad die gleiche Verzahnung auf, so dass ein schlupffreier Antrieb ermöglicht werden kann, wenn ein Zahnriemen das Antriebsritzel und das Riemenrad umschlingt. Auch diese Art der Anordnung kann vorteilhaft sein, wenn hinsichtlich der Länge kein Platz für einen coaxialen Motorantrieb vorhanden ist und somit auf die achsparallele Anordnung ausgewichen werden muss. Bei der achsparallelen Anordnung kann der Motor Teil des Gehäuses des Aktuators sein oder aber separat mit diesem verschraubt sein, wobei der Elektromotor dann ein eigenes Gehäuse aufweist. Statt des vorgenannten Riemenantriebes kann auch ein Rädergetriebe zum Einsatz kommen. Die Anordnung wäre dann derart, dass das Motorritzel direkt mit einem Zahnrad auf der Spindelmutter kämmt oder aber gegebenenfalls noch ein oder weitere Zahnräder zwischengeschaltet sind.

Für die beiden vorbenannten elektromotorischen Antriebe wird in einer bevorzugten Ausführungsform ein bürstenloser Vernier-Motor verwendet. Diese Art von Elektromotoren bilden ein im hohen Maße effizienten Elektromotor aus, der im Vergleich zu herkömmlichen Elektromotoren eine verbesserte Volumeneffizienz aufweist. Ein Vernier-Motor kann bei geringerem Volumen ein höheres Drehmoment erzeugen als ein herkömmlicher Elektromotor mit entsprechend größerem Volumen. Mit anderen Worten kann ein Elektromotor verkleinert werden und gleichzeitig die gleiche oder sogar eine höhere Leistung aufweisen als der herkömmliche E-Motor. Oder es kann die gleiche Größe wie bei einem herkömmlichen Elektromotor beibehalten werden und die Leistung nimmt beträchtlich zu. Durch den Einsatz des Vernier-Motors kann somit der Spindelantrieb und insgesamt die steer-by-wire-Lenkung sehr kompakt gebaut werden, so dass der benötigte Bauraum enorm reduziert werden kann. Der Vernier-Motor ist nicht nur kleiner als ein vergleichbarer Elektromotor. Er ist auch leichter und leistungseffizienter als ein vergleichbarer herkömmlicher Elektromotor mit ausreichend Drehmoment zum Antrieb des Spindeltriebs, insbesondere bei einer Hinterachslenkung. Durch die spezielle Bauart des Vernier-Motors kann nämlich das Gewicht der verwendeten Magnete (Permanentmagnete) erheblich reduziert werden. Damit ist der Vernier-Motor in dieser

Hinsicht kostengünstiger. Ein weiterer Vorteil des Vernier-Motors ist der geringere Energiebedarf, weil durch diesen insgesamt weniger Energie aus dem Bordnetz des Kraftfahrzeuges entnommen wird, als bei Einsatz eines herkömmlichen Elektromotors. Dieser Vorteil kommt der Nutzung von bestehenden Bordnetzen zu Gute, die nicht verstärkt werden müssen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist zur Festlegung des Spindelantriebes eine Hemmeinrichtung vorgesehen. Die Hemmeinrichtung ist vorzugsweise elektromagnetisch ausgeführt, so dass die Hemmeinrichtung eine form- und/oder kraftschlüssige Kopplung zwischen Spindelmutter und Aktuator bewirkt. Die elektromagnetische Hemmeinrichtung ist bevorzugt derart ausgestaltet, dass in einem Fehlerfall, in dem der Elektromagnet stromlos ist, mittels einer Feder die Hemmeinrichtung geschaltet wird. Mit anderen Worten wird bei Bestromen eines Elektromagneten die Hemmeinrichtung entriegelt bzw. ausgeschaltet, so dass die Spindelmutter frei drehen kann. Mit einer Hemmeinrichtung soll im Fehlerfall ein Verstellen des Spindelantriebes und somit ein selbsttätiges Verstellen der Räder einer Fahrzeugachse verhindert werden. Gleichmaßen soll mit der Hemmeinrichtung ein selbsttätiges Wandern des Spindelantriebes und somit der Lenkung aufgrund dynamischer Lasten verhindert werden. Dynamische Lasten können z.B. bei einer Schlechtwegstrecke aufgrund von Fahrzeugbewegungen bzw. starken Einfederbewegungen der Räder auftreten. Denkbar ist bei der Hemmeinrichtung ebenfalls ein Reibschluss bzw. annähernder Reibschluss in Form von Bremsen des Spindelantriebes. Es kann somit die Stellbewegung verlangsamt werden oder schlagartig blockiert werden.

Für den Spindelantrieb ist ein geräuscharmer Betrieb von Vorteil, da sich über das Fahrwerk Geräusche des Motors beziehungsweise des Spindelantriebs in die Karosserie somit für die Insassen hörbar übertragen kann. Bevorzugt ist der Rollengewindetrieb spielfrei ausgebildet, so dass insbesondere beim Drehrichtungswechsel des Antriebes und somit der Spindelmutter keine Geräusche in die Karosserie übertragen werden. Es können hierzu an den Stirnseiten der zumindest einen Gewinderolle Federscheiben oder Anlaufscheiben angeordnet sein, so dass eine spielbehaftete Axialbewegung der zumindest einen Gewinderolle gegenüber der Spindelmutter ausgeschlossen ist.

Die Erfindung betrifft des Weiteren eine steer-by-wire-Lenkung, vorzugsweise Hinterachslenkung, welche mit einem Spindelantrieb wie zuvor beschrieben ausgebildet ist. Bei einer steer-by-wire-Lenkung besteht keine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad des Fahrers und einer solchen Lenkung. Vielmehr werden Lenkeingaben des Fahrers über ein Steuergerät als Signal an die steer-by-wire-Lenkung gegeben, welche aufgrund dieses Signals eine Veränderung des Radlenkwinkels an der betreffenden Fahrzeugachse durchführt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine Draufsicht auf eine schematische Darstellung einer Hinterachse mit einem Aktuator mit einem erfindungsgemäßen Spindelantrieb,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Aktuators einer steer-by-wire-Lenkung mit einem erfindungsgemäßen Spindelantrieb,
- Fig. 3 eine Explosionsdarstellung eines Planeten-Rollengewindetriebs,
- Fig. 4 eine schematische und teilgeschnittene Darstellung eines erfindungsgemäßen Spindelantriebs,
- Fig. 5 einen Aktuator einer steer-by-wire-Lenkung mit einem erfindungsgemäßen Spindelantrieb

In der schematischen Darstellung gemäß Figur 1 ist eine Fahrzeugachse 1 gezeigt, hier dargestellt als eine Hinterachse mit einem Hilfsrahmen 2, der an einem Fahrzeugaufbau befestigt ist bzw. diesen bildet und mit der Karosserie eines Kraftfahrzeuges verbunden ist. Die Räder 5 und 6 sind mittels Lenkern 3 an dem Hilfsrahmen 2 angelenkt. Die Lenker 3 bilden die Radaufhängung für die Räder 5, 6 und führen diese. An dem Hilfsrahmen 2 ist ein Aktuator 10 einer steer-by-wire-Lenkung befestigt. Der Aktuator 10 ist mit

seinem Gehäuse 21 an dem Hilfsrahmen 2 befestigt. Der Aktuator 10 weist in der vorliegenden Ausführung als ein zentraler Aktuator eine durchgehende Spindel 27 auf, welche durch das Gehäuse 21 des Aktuators 10 hindurchgeführt ist. Der Antriebsmotor 22 ist achsparallel zur Spindel 27 angeordnet. An den Enden der Spindel 27 sind Spurstangen 23 angelenkt, welche mit dem von dem Aktuator 10 abgewandten Ende jeweils mit dem nicht dargestellten Radträger der Räder 5 und 6 gelenkig verbunden sind. Es ist offensichtlich, dass bei einer axialen Verlagerung der Spindel 27 in die linke oder rechte Richtung eine Veränderung des Radlenkwinkels erfolgt, weil die Spurstangen 23 eine Zwangsverbindung zwischen Rad bzw. Radträger und dem Aktuator 10 darstellen. Zur Lenkung der Räder 5, 6 sind diese um deren Hochachse drehbar an der Radaufhängung 3 angelenkt, welches durch die gebogenen Doppelpfeile unterhalb der Räder 5, 6 angedeutet ist.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung des in Figur 1 bereits gezeigten Aktuators 10. Der Aktuator 10 weist ein Gehäuse 21 auf, an dem achsparallel ein Antriebsmotor 22 angeordnet ist. In dem Gehäuse 21 ist der Spindelantrieb 20, bestehend aus der Spindelmutter 25 und der Spindel 27, angeordnet. Die Spindelmutter 25 ist gegenüber dem Gehäuse mit einem Wälzlager 29 ortsfest und drehbar gelagert. Durch die Spindelmutter 25 hindurchgeführt und coaxial zu dieser angeordnet ist die Spindel 27. Auf der von dem Wälzlager 29 abgewandten Seite der Spindelmutter 25 ist ein Riemenrad 30 ortsfest auf der Spindelmutter 25 angeordnet. Der Elektromotor 22 weist ein Antriebsritzel 32 auf. Ein Antriebsriemen 34 in Form eines Zahnriemens umschlingt sowohl das Antriebsritzel 32 als auch das Riemenrad 30, so dass bei Drehbewegung des Elektromotors bzw. Antriebsmotors 22 die Spindelmutter 25 in Drehbewegung um die Längsachse a versetzt wird. Je nach Drehrichtung der Spindelmutter 25 erfolgt eine lineare Verlagerung der Spindel 27 in die eine oder andere Richtung entlang der Längsachse a, wie durch den Doppelpfeil angedeutet.

Figur 3 gibt Einblick in das Innenleben eines Planeten-Rollengewindetriebs. In der Explosionsdarstellung sind die Bauteile des Spindelantriebs 40 größtenteils separiert voneinander dargestellt. Zum einen ist die Gewindespindel 47 nicht in Eingriff mit der Spindelmutter 45 beziehungsweise den Planetenrollen zum anderen ist ein Zahnkranz 49

und ein Synchronring 48 ebenfalls im nichteingebauten Zustand dargestellt. Die Spindelmutter 45 ist in Figur 3 in Form eines außen glatten Zylinders gezeigt, der auf dem Innenmantel ein Gewinde aufweist. Links und rechts des Gewindes befindet sich in der Spindelmutter 45 ein Absatz, in den die Zahnkränze 49 beziehungsweise die Synchronringe 48 eingesetzt werden. Innerhalb des Innengewindes 45i sind Planetenrollen 46 angeordnet, welche in Eingriff mit dem Innengewinde 45i der Spindelmutter 45 sind. An den Enden der Gewinderolle 46 ist jeweils eine Verzahnung angeordnet, an die sich stirnseitig ein Zapfen 46z anschließt. Es ist zu erkennen, dass sich die gezahnten Enden 46z der Planetenrolle 46 mit der Innenverzahnung 49i der Zahnkränze 49 in Eingriff befinden. Eine radiale und auch axiale Führung wird durch die Synchronringe 48 erreicht. Diese weisen konzentrisch zur Längsachse a' angeordnete Durchgangslöcher 48d auf, in die die Zapfen 46z der Planetenrollen 46 eingreifen. Bei Drehung der Spindelmutter 45 um ihre Längsachse, welche mit der Längsachse der Gewindespindel 47 zusammenfällt (Längsachse a), wälzen sich die Planetenrollen 46 mit ihren Enden 46z an der Innenverzahnung 49a der Synchronringe 49 ab und wälzen sich ebenfalls mit ihrem Außengewinde an dem Innengewinde 45i der Spindelmutter 45 ab. Durch die Zwangsverbindung mit der Innenverzahnung 49i der Zahnkränze 49, welche ortsfest gegenüber der Spindelmutter 45 verbaut sind, ergibt sich durch Abwälzen der Planetenrollen 46 auf dem Außengewinde der Gewindespindel 47 eine Wandlung der Rotation der Spindelmutter 45 in eine lineare Bewegung der Gewindespindel 47 entlang ihrer Längsachse a'.

Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführung des Spindelantriebs 50. Im Gegensatz zu dem Planeten-Rollengewindetrieb aus dem Stand der Technik gemäß Figur 3 ist die Spindel 57 nicht mit einem Gewinde mit Steigung versehen, sondern die Spindel 57 weist gleichmäßig voneinander beabstandete Rillen 57r auf. Die Spindelmutter 55 ist geschnitten dargestellt und nimmt die Gewinderollen 56, die Zahnkränze 59 sowie die Synchronringe 58 auf. In den Synchronringen 58 sind Durchgangslöcher 58d angeordnet. Die Synchronringe 58 nehmen die stirnseitig angeordneten Zapfen 56z der Gewinderolle 56 auf. Die Synchronringe 58 sind derart in die Spindelmutter eingesetzt, dass die Durchgangslöcher 58d der Synchronringe 58 miteinander fluchten. Anders ausgedrückt stehen die Längsachsen der Gewinderollen 56 senkrecht zu den Synchronringen

58. Die Synchronringe 58 sind wie die Zahnkränze 59 verdrehsicher mit der Spindelmutter 55 gekoppelt. Das Außengewinde der Gewinderollen 56 greift mit seinen Gewindespitzen in die Rillen 57r der Spindel 57 ein. Wird nun die ortsfest gelagerte Spindelmutter 55 gedreht, angetrieben durch einen Elektromotor, so wälzen sich die Gewinderollen 56 auf der Spindel 57 ab, wobei die Drehbewegung der Gewinderollen 56 gegenüber der Spindelmutter 55 dadurch erzwungen wird, dass die Außenverzahnung 56v innerhalb der Innenverzahnung der Zahnkränze 59 abwälzt. Aufgrund der schraubenförmigen Bewegung der Gewinderolle 56 wird so eine Rotationsbewegung der Spindelmutter 55 in eine Translationsbewegung der Spindel 57 umgewandelt.

Figur 5 zeigt einen Aktuator 62 einer steer-by-wire-Lenkung. In der geschnittenen Darstellung ist ein Gehäuse 80 gezeigt, welches den Spindeltrieb 62 aufnimmt. Der Spindeltrieb 62 besteht aus der Spindelmutter 65 der Spindel 67 und den dazwischen kämmenden Gewinderollen 66. Die Spindelmutter 65 ist in dieser speziellen Ausführung als Rotor ausgebildet, also den drehenden Teil des Elektromotors, der hier als Vernier-Motor ausgebildet ist. Der Rotor beziehungsweise die Spindelmutter 65 wird durch wechselnde Magnetfelder am Stator 61 des Elektromotors angetrieben. Es handelt sich hierbei um einen coaxialen Antrieb bzw. eine coaxiale Anordnung von Motor und Spindeltrieb 60, auch Hohlwellenmotor genannt. Die Spindel 67 ist wie in Figur 4 gezeigt mit gleichmäßig beabstandeten Rillen ausgebildet, welche in Verbindung mit der drehangetriebenen Spindelmutter 65 und den Gewinderollen 66 in eine Translationsbewegung – in der Zeichnung gesehen links und rechts - verlagert werden kann. Die Spindel kann über eine Verdrehsicherung 75 an dem Gehäuse 80 abgestützt werden. Diese Verdrehsicherung 75 ist jedoch nicht zwingend, da die Spindel 67 Rillen aufweist und die Drehung der Spindelmutter kaum Einfluss auf die Spindel 67 hat – im Gegensatz zu einem Bewegungsgewindetrieb mit Trapezgewinde, wo aufgrund von Reibung die Spindel in hohem Maße zum Mitdrehen mit der Spindelmutter neigt. In die Spindel 67 sind stirnseitig Aufschraubzapfen 70 eingeschraubt, die aus dem Gehäuse 80 herausragen. Die Aufschraubzapfen 70 können beispielsweise Gelenkaufnahmen aufweisen, welche zur Verbindung mit einem Lenkgestänge einer Fahrzeugachse oder Gelenken an Radträgern verbunden sein können. Die Verbindung mit dem Lenkgestänge kann bei der Spindel mit Rillen eine ausreichende Verdrehsicherung bewirken. In das Gehäuse 80 ist außenseitig ein Steuergerät 85 integriert.

Der Aktuator 62 einer steer-by-wire-Lenkung stellt insgesamt eine kompakte Bauform dar, die wenig Bauraum beansprucht und so ideal in eine Fahrzeugachse mit lenkbaren Rädern integriert werden kann. Hierzu trägt ein Hohlwellenmotor bei, der insbesondere aufgrund seiner Ausbildung als Vernier-Motor ebenfalls wenig Bauraum benötigt.

Der Aktuator 62 zeigt einen beidseitig wirkenden oder auch Zentralsteller genannten Aktuator, mit welchem an einer Fahrzeugachse sich gegenüberliegende Räder gleichzeitig gelenkt werden können. Die Erfindung ist aber nicht auf einen solchen Zentralsteller beschränkt. Die gezeigte Bauform kann ebenfalls in einem Einzelsteller verwendet werden, der nur einem einzigen Rad zugeordnet ist und dieses zu lenken vermag.

Bezugszeichen

1	Fahrzeugachse
2	Hilfsrahmen, Fahrzeugaufbau
3	Lenker, Radaufhängung
5	Rad
6	Rad
10	steer-by-wire-Lenkung, Aktuator
20	Spindelantrieb
21	Gehäuse
22	Antriebsmotor, Elektromotor
23	Spurstange
25	Spindelmutter
27	Spindel
29	Wälzlager
30	Riemenrad
32	Antriebsritzel
34	Antriebsriemen
40	Spindelantrieb
45	Spindelmutter
45i	Innengewinde
46	Gewinderolle
46v	Außenverzahnung
46z	Zapfen
47	Gewindespindel
48	Synchronring
48d	Durchgangslöcher
49	Zahnkranz
49a	Innenverzahnung
49i	Innenverzahnung

50	Spindelantrieb
55	Spindelmutter
56	Gewinderollen
56v	Außenverzahnung
56z	Zapfen
57	Spindel
57r	Rillen
58	Synchronringe
58d	Durchgangslöcher
59	Zahnkränze
60	Spindelantrieb
61	Stator
62	Aktuator
65	Spindelmutter/Rotor
66	Gewinderolle
67	Spindel
70	Aufschraubzapfen
75	Verdrehsicherung
80	Gehäuse
85	Steuergerät
a	Längsachse
a'	Längsachse
a''	Längsachse

Patentansprüche

1. Spindeltrieb (50, 60) für einen Aktuator (10) einer steer-by-wire-Lenkung, aufweisend eine Spindel (57, 67), welche in einer Spindelmutter (55) linear verlagerbar angeordnet ist, wobei der Spindeltrieb (50, 60) als Rollengewindetrieb mit zumindest einer Gewinderolle (56, 66) ausgebildet ist, wobei die Enden der zumindest einen Gewinderolle mit einer Außenverzahnung (56v) ausgebildet sind und jeweils mit einer Innenverzahnung (49i) jeweils eines Zahnkranzes (59) kämmen, wobei die Zahnkränze (59) stirnseitig innerhalb der Spindelmutter (55, 65) angeordnet sind, wobei die zumindest eine Gewinderolle (56, 66) radial und axial durch innerhalb der Spindelmutter (55) angeordnete Synchronringe (58) geführt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Spindel (57, 67) in Längsrichtung gleichmäßig voneinander beabstandete Rillen (57r) aufweist und die zumindest eine Gewinderolle (56, 66) ein Außengewinde aufweist, welches mit den Rillen der Gewindespindel (57, 67) permanent in Wälzeingriff ist, so dass durch die Drehung der Spindelmutter (55, 65) eine Linearverlagerung der Spindel (57, 67) erfolgt.
2. Spindeltrieb (50, 60) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spindelmutter (55, 65) mittels eines zur Spindel (57, 67) und zur Spindelmutter coaxial angeordneten elektrischen Motors (22) angetrieben wird.
3. Spindeltrieb (50, 60) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spindelmutter (55, 65) den Rotor des elektrischen Motors (22) bildet.
4. Spindeltrieb (50, 60) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spindelmutter (55, 65) mittels eines zur Spindel (57, 67) und zur Spindelmutter achsparallel angeordneten elektrischen Motors (22) angetrieben wird.
5. Spindeltrieb (50, 60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Motor (22) in Form eines Vernier-Motors ausgebildet ist.

6. Spindelantrieb (50, 60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Festlegung des Spindelantriebs (50, 60) eine Hemmeinrichtung vorgesehen ist, vorzugsweise eine elektromagnetische Hemmeinrichtung, welche form- und/oder kraftschlüssig eine Kopplung zwischen Spindelmutter (55, 65) und Aktuator (10) bewirkt.
7. Spindelantrieb (50, 60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rollengewindetrieb spielfrei ausgebildet ist.
8. Steer-by-wire-Lenkung, vorzugsweise Hinterachslenkung, ausgebildet mit einem Spindelantrieb (50, 60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

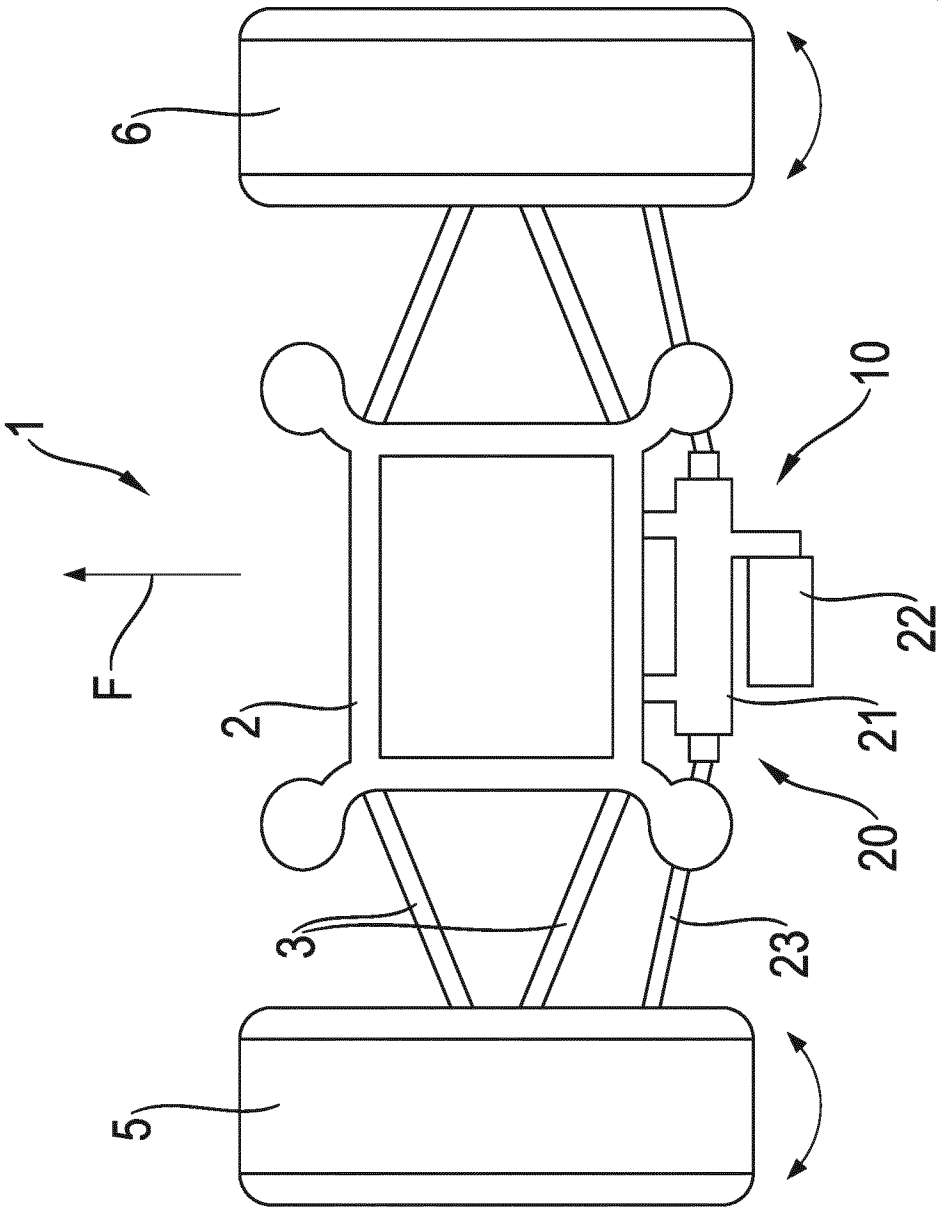


Fig. 1

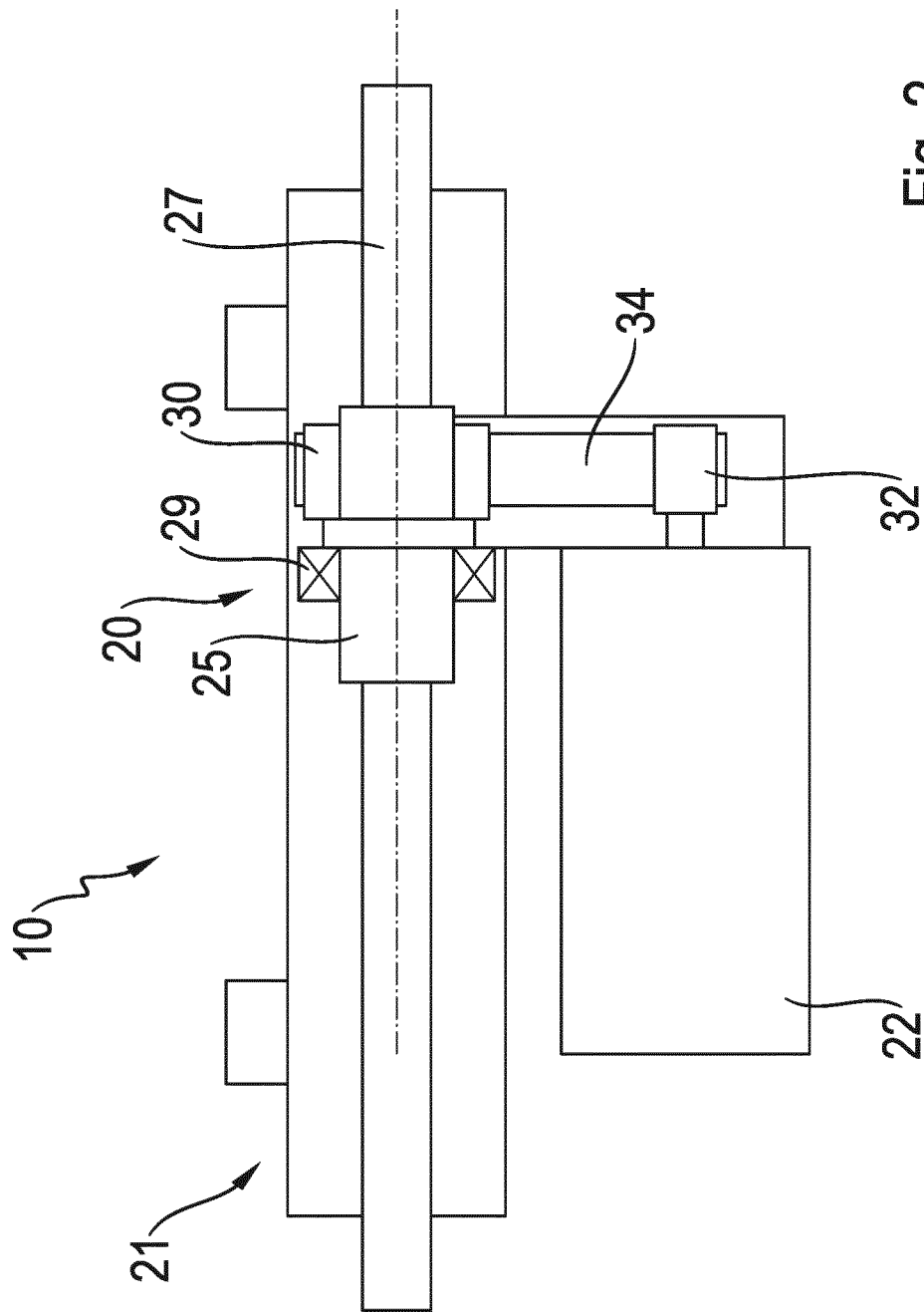


Fig. 2

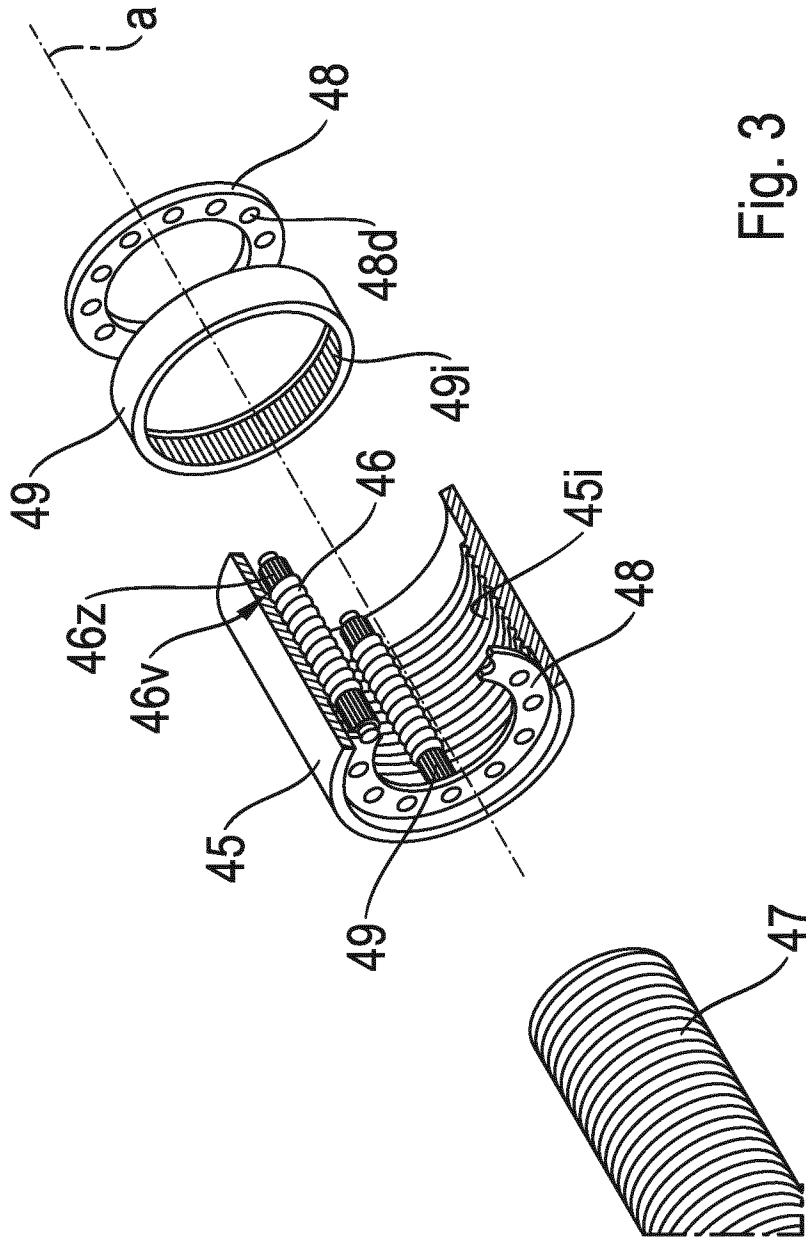


Fig. 3

4/5

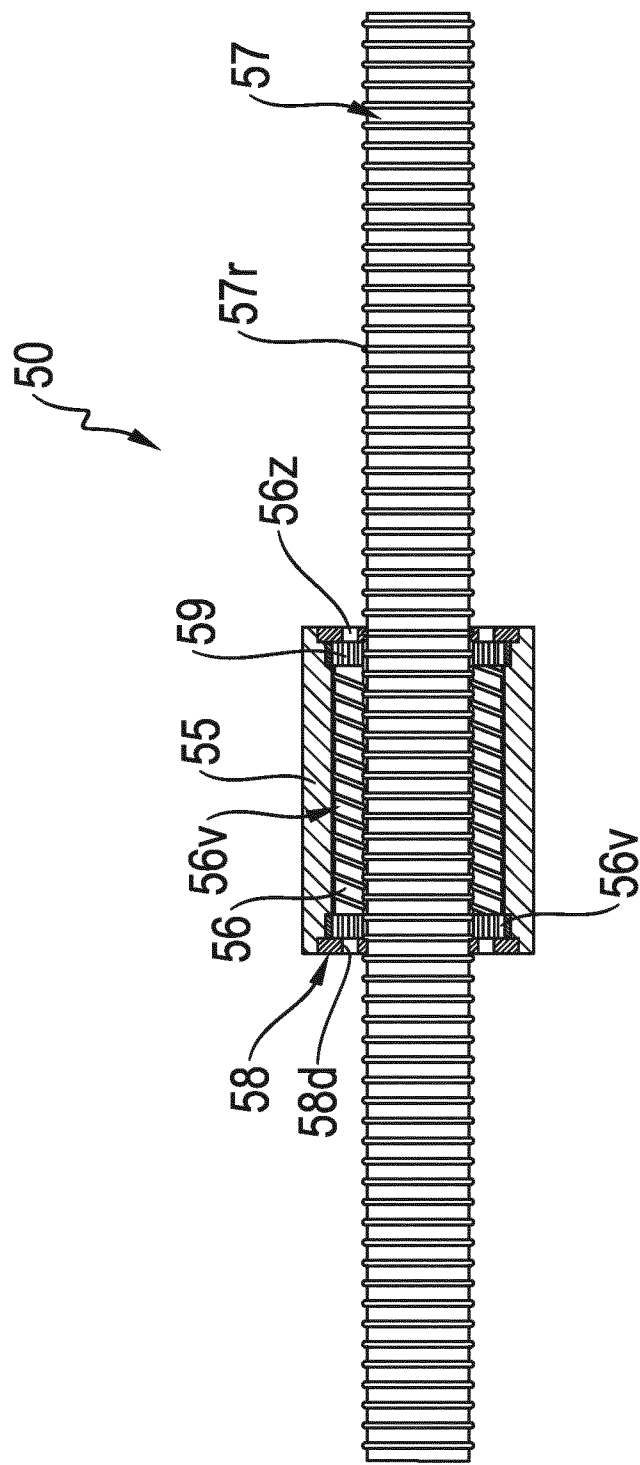


Fig. 4

5/5

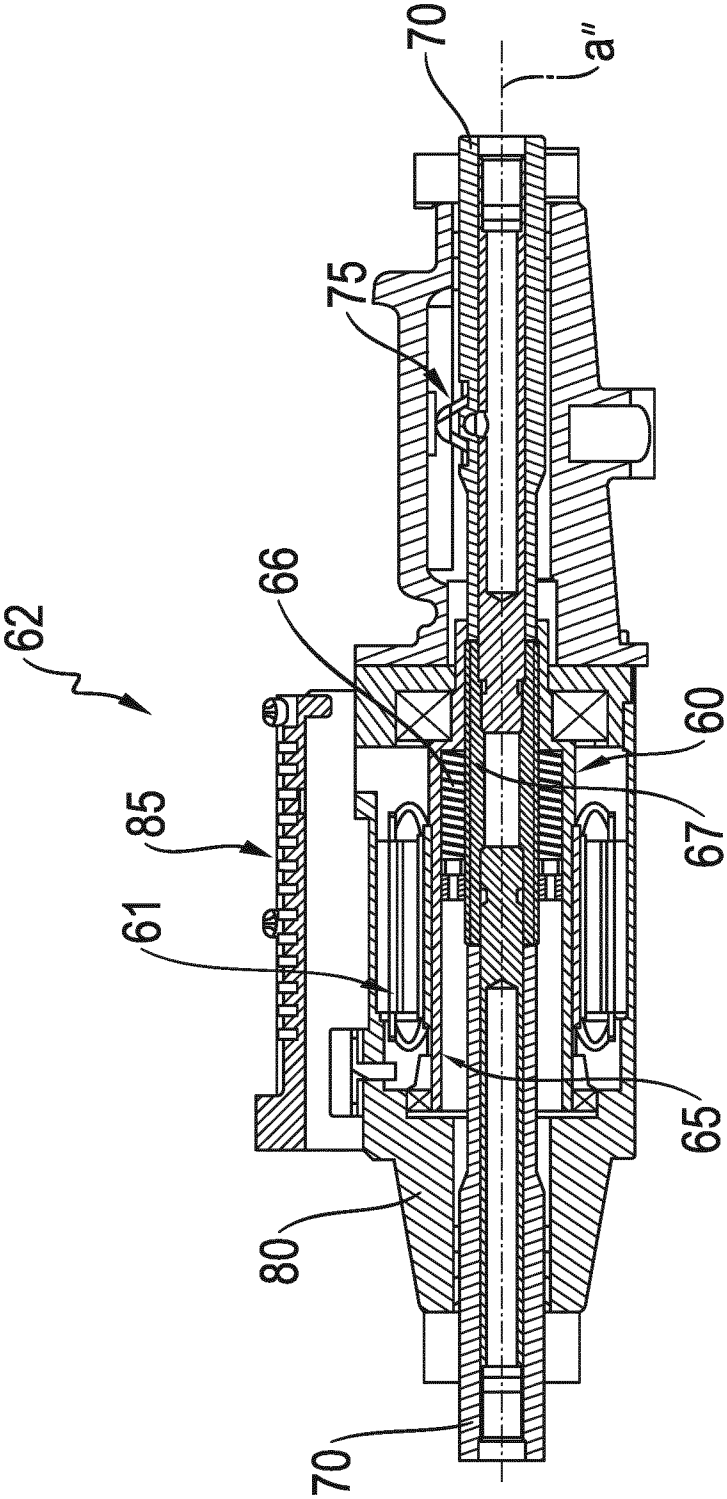


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/062250**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F16H 25/22**(2006.01)i; **B62D 3/02**(2006.01)i; **B62D 5/04**(2006.01)i; **F16H 25/20**(2006.01)n

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; B62D

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1110846 A1 (FORD GLOBAL TECH INC [US]) 27 June 2001 (2001-06-27) the whole document	1-8
A	EP 0320621 A1 (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT [DE]) 21 June 1989 (1989-06-21) the whole document	1-7
A	DE 102015200611 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 21 July 2016 (2016-07-21) the whole document	1-7

☐ 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

13 August 2019

Date of mailing of the international search report

22 August 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Masset, Candie

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/062250

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
EP	1110846	A1	27 June 2001	DE	60009244 T2	27 January 2005
				EP	1110846 A1	27 June 2001
				JP	2001206233 A	31 July 2001
				US	7059447 B1	13 June 2006
EP	0320621	A1	21 June 1989	AT	64181 T	15 June 1991
				CA	1305874 C	04 August 1992
				CN	1033309 A	07 June 1989
				DD	277308 A5	28 March 1990
				DE	3739059 A1	24 May 1989
				DE	3863172 D1	11 July 1991
				EP	0320621 A1	21 June 1989
				JP	H0481654 B2	24 December 1992
				JP	H01164856 A	28 June 1989
				KR	910004259 B1	25 June 1991
				US	4926708 A	22 May 1990
DE	102015200611	A1	21 July 2016	NONE		

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F16H25/22 B62D3/02 B62D5/04
 ADD. F16H25/20

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F16H B62D

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.
A	EP 1 110 846 A1 (FORD GLOBAL TECH INC [US]) 27. Juni 2001 (2001-06-27) das ganze Dokument	1-8
A	EP 0 320 621 A1 (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT [DE]) 21. Juni 1989 (1989-06-21) das ganze Dokument	1-7
A	DE 10 2015 200611 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 21. Juli 2016 (2016-07-21) das ganze Dokument	1-7



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

13. August 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/08/2019

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

Masset, Candie

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/062250

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1110846	A1	27-06-2001	DE 60009244 T2 27-01-2005
			EP 1110846 A1 27-06-2001
			JP 2001206233 A 31-07-2001
			US 7059447 B1 13-06-2006

EP 0320621	A1	21-06-1989	AT 64181 T 15-06-1991
			CA 1305874 C 04-08-1992
			CN 1033309 A 07-06-1989
			DD 277308 A5 28-03-1990
			DE 3739059 A1 24-05-1989
			DE 3863172 D1 11-07-1991
			EP 0320621 A1 21-06-1989
			JP H0481654 B2 24-12-1992
			JP H01164856 A 28-06-1989
			KR 910004259 B1 25-06-1991
			US 4926708 A 22-05-1990

DE 102015200611	A1	21-07-2016	KEINE
