

(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
11. Februar 2010 (11.02.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/015565 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B62D 5/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/059884

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juli 2009 (30.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 036 730.3
7. August 2008 (07.08.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **LEOPOLD KOSTAL GMBH & CO. KG** [DE/DE]; An der Bellmerlei 10, 58513 Lüdenscheid (DE). **MEZ FRINTROP AG** [DE/DE]; Lichtensteinstraße 150, 72770 Reutlingen (DE). **EBM-PAPST ST. GEORGEN GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Hermann-Papst-Straße 1, 78112 St. Georgen im Schwarzwald (DE). **WILLI ELBE GELENKWELLEN GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Höfackerstraße 10, 71732 Tamm (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HAUHOFF, Jörg** [DE/DE]; Im Mais 10, 71636 Ludwigsburg (DE). **ILES-**

KLUMPNER, Dorin [DE/DE]; Breslauer Straße 16, 78112 St. Georgen (DE). **BEMBENEK, Matthias** [DE/DE]; Prozessionsweg 39, 46286 Dorsten (DE). **ALTINDIS, Ismael** [DE/DE]; Josef-Dorer-Str. 43, 78120 Furtwangen (DE). **SCHIRP, Christian** [DE/DE]; Galenstraße 37, 58452 Witten (DE). **HIRSCHFELD, Klaus** [DE/DE]; Calderdalestraße 22, 58515 Lüdenscheid (DE). **HOOG, Thorsten** [DE/DE]; Dorstener Str. 44, 45657 Recklinghausen (DE). **BEUERMANN, Olaf** [DE/DE]; Mühlhäuserstraße 17, 70806 Kornwestheim (DE).

(74) Anwalt: **HAVERKAMP, Jens**; Postfach 1662, Stefanstraße 2, 58638 Iserlohn (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, 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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ACTUATOR UNIT FOR A MOTOR VEHICLE STEER-BY-WIRE STEERING APPARATUS

(54) Bezeichnung: AKTUATOREINHEIT FÜR EINE KRAFTFAHRZEUG-STEER-BY-WIRE-LENKEINRICHTUNG

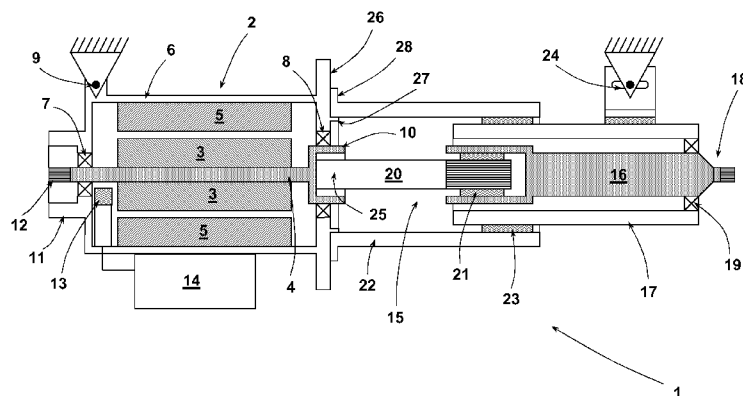


Fig. 1

(57) Abstract: An actuator unit (1) for a motor vehicle steer-by-wire steering apparatus comprises a steering spindle (15) that is disposed in a tubular jacket (17, 22) mounted such that it rotates relative thereto about the longitudinal axis thereof, one end of said steering spindle being adapted to connect to a steering wheel with matched torque, and comprises an actuator (2) with an actuator shaft (4) that is driven by the actuator (2), one end of which is connected under matched torque to the steering spindle (15). The steering spindle (15) is rigidly attached to the actuator shaft (4), which is mounted on two bearings (7, 8), wherein one of the two bearings (8) is located in the area of the connection of the actuator shaft (4) to the steering spindle (15), and wherein the steering spindle (15) is mounted on the actuator side by way of the actuator shaft (4) as a result of the steering spindle being rigidly connected to the actuator shaft (4).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/015565 A1



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, 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)

Eine Aktuatoreinheit (1) für eine Kraftfahrzeug-Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung umfasst eine in einem Mantelrohr (17, 22) angeordnete, gegenüber diesem um ihre Längsachse drehbar gelagerte Lenkspindel (15), deren eines Ende zum drehmomentschlüssigen Anschließen eines Lenkrades ausgebildet ist, sowie einen Aktuator (2) mit einer durch den Aktuator (2) angetriebenen Aktuatorwelle (4), deren eines Ende drehmomentschlüssig an die Lenkspindel (15) angeschlossen ist. Die Lenkspindel (15) ist starr an die in zwei Lagern (7, 8) gelagerte Aktuatorwelle (4) angeschlossen, wobei eines der beiden Lager (8) im Bereich des Anschlusses der Aktuatorwelle (4) an die Lenkspindel (15) angeordnet ist, und die Lenkspindel (15) infolge ihres starren Anschlusses an die Aktuatorwelle (4) aktuatorseitig über die Aktuatorwelle (4) gelagert ist.

Aktuatoreinheit für eine Kraftfahrzeug- Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung

- Gegenstand der Erfindung ist eine Aktuatoreinheit für eine Kraftfahrzeug-Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung, umfassend eine in einem Mantelrohr angeordnet gegenüber diesem um ihre Längsachse drehbar gelagerte Lenkspindel, deren eines Ende zum drehmomentschlüssigen Anschließen eines Lenkrades ausgebildet ist, sowie einen Aktuator mit einer durch den Aktuator angetriebenen Aktuatorwelle, deren eines Ende drehmomentschlüssig an die Lenkspindel angeschlossen ist.
- Bei herkömmlichen Lenkeinrichtungen für Kraftfahrzeuge ist eine mechanische Kopplung zwischen dem Lenkrad und den von dem Lenkrad gelenkten Rädern vorhanden. Vom Lenkrad wird die Lenkbewegung über die Lenkspindel auf ein Lenkgetriebe und von diesem auf eine an die gelenkten Räder angeschlossene Lenkstange übertragen. Das auf die Lenkspindel über das Lenkrad eingeleitete Drehmoment kann elektrisch oder hydraulisch zum Ausbilden einer so genannten Servolenkung verstärkt werden. Die Lenkspindel ist durch den Motorraum zum Lenkgetriebe und der Lenkstange geführt.
- Um mehr Freiheiten in der Konzeption der Radaufhängung der gelenkten Räder und der Anordnung der einzelnen Komponenten im Motorraum eines Kraftfahrzeuges zu erhalten oder autonome Fahrerassistenz-Funktionen zu implementieren, muss das herkömmliche mechanische Kopplungsprinzip zwischen Lenkrad und gelenkten Rädern verlassen werden. Zu diesem Zweck sind sogenannte Steer-by-Wire-Lenkeinrichtungen konzipiert worden. Bei einer solchen Lenkeinrichtung wird mittels eines Lenkwinkelsensors die aktuelle Drehwinkelstellung des Lenkrades erfasst, einer Auswerteeinheit zugeführt, von der wiederum ein Aktor oder mehrere Aktoren zum Ansteuern der gelenkten Räder entsprechend dem erfassten Drehwinkel angesteuert werden, um die gelenkten Räder in die dem Lenkwinkeleinschlag entsprechende Stellung zu bringen. Es hat sich bei der Verwendung eines Steer-by-Wire-Systems gezeigt, dass es zum Fahren eines Kraftfahrzeuges für den Fahrer notwendig ist, eine haptische Rückmeldung bezüglich des Vorgangs des Lenkens und auch anderer

durch die gelenkten Räder in die Lenkspindel eingekoppelten Drehmomente zu erhalten. Das Lenkgefühl wird bei einer solchen Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung durch einen an die Lenkspindel mit seiner Aktuatorwelle drehmomentschlüssig angeschlossenen Aktuator bereitgestellt. Als Aktuator dienen Elektromotoren, die durch eine entsprechende Steuerung angesteuert sind und auf die Aktuatorwelle und damit auf die daran angeschlossene Lenkspindel das der jeweiligen Fahrzeugsituation entsprechende Drehmoment aufbringen. Somit kann der Aktuator auch als Fahrgefühl-Erzeuger und die Aktuatereinheit, umfassend die Lenkspindel und den Aktuator als haptischer Drehsteller angesprochen werden.

Kraftfahrzeug-Steer-by-Wire-Lenkeinrichtungen müssen, um den Sicherheitsanforderungen zu genügen, mehrfach redundant konzipiert werden. Aus diesem Grunde sind derartige Systeme relativ teuer. Eine Alternative zum Ausbilden einer Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung, die den an eine solche Einrichtung gestellten Sicherheitsanforderungen genügt, jedoch kostengünstiger in der Konzeption und Herstellung ist, besteht darin, anstelle der notwendigen Systemredundanz die Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung mit einer mechanischen Rückfallsicherung auszustatten. Bei einem Ausfall der elektronisch arbeitenden Lenkeinrichtung wird die Lenkspindel mechanisch an die gelenkten Räder gekoppelt, damit in einem solchen Fall das Fahrzeug mechanisch gelenkt werden kann. Zum Übertragen der Lenkbewegung der Lenkspindel auf die gelenkten Räder bzw. die die gelenkten Räder verbindende Lenkstange können bei einer solchen Anwendung auch flexible Wellen wie in der DE 10 2004 026 067 A1 vorgeschlagen oder sinngemäß zur EP 0 738 646 B1 eine hydraulische Koppelung eingesetzt werden. Daher besteht bei einer solchen Konzeption eine größere Freiheit in der Konzeption und Anordnung der Radaufhängung der gelenkten Räder und der anderen Komponenten im Motorraum als bei herkömmlichen mechanischen Lenkeinrichtungen.

Bei einer solchen Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung mit mechanischer Rückfallsicherung können prinzipiell herkömmliche Lenksäulen eingesetzt werden, an die ein Aktuator als Fahrgefühl-Erzeuger angeschlossen wird. Deren Lenkspindel ist in einem Mantelrohr zweipunktgelagert. Das Mantelrohr und die Lenkspindel sind typischerweise zweiteilig aufgebaut, wobei beide Lenkspindelteile durch ein in axialer Richtung wirkendes Gleitlager

drehmomentschlüssig miteinander verbunden sind. Diese Teleskopierbarkeit der Lenkspindel wird zum individuellen Einrichten ihrer Länge vom Fahrer genutzt. Der als Aktuator eingesetzte Elektromotor ist unter Zwischenschaltung eines notwendigen Kupplungselementes an das untere
5 Ende der Lenkspindel angeschlossen. Das elastische Kupplungselement wird zum Ausgleich von Toleranzen zwischen Lenkspindel und Aktuatorwelle benötigt. An das andere Ende der Aktuatorwelle sind typischerweise die mechanischen Rückfalleinrichtungen angeschlossen.

10 Derartige Aktuatoreinheiten benötigen einen gewissen Einbauraum im Fahrzeug, insbesondere in längsaxialer Richtung. Um durch den Aktuator das der jeweiligen Fahrsituation entsprechende Drehmoment auf die Aktuatorwelle und somit auf die Lenkspindel als haptische Rückmeldung in einer Form bereitstellen zu können, die der einem Fahrer bei einer me-
15 chanischen Rückmeldung bekannten entspricht, ist eine aufwendige Steuerprogrammierung notwendig. Der Aufwand in der Programmierung der Aktuatoransteuerung liegt auch in der Notwendigkeit des Vorsehens des elastischen Kupplungselementes zwischen Lenkspindel und Aktuatorwelle begründet. Zur Drehmomentübertragung von der Aktuatorwelle auf die
20 Lenkspindel sind die diesbezüglich dämpfenden Eigenschaften des Kupplungsgliedes zu berücksichtigen, wobei sich diese in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur ändern.

Ausgehend von diesem diskutierten Stand der Technik liegt der Erfindung
25 daher die Aufgabe zugrunde, eine Aktuatoreinheit für eine Kraftfahrzeug-Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung vorzuschlagen, die prinzipiell einfacher aufgebaut ist und dadurch die zu dem vordiskutierten Stand der Technik aufgezeigten Nachteile vermeidet.

30 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine eingangsgemäße, gattungsgemäße Aktuatoreinheit gelöst, bei der die Lenkspindel starr an die in zwei Lagern gelagerte Aktuatorwelle angeschlossen ist, wobei eines der beiden Lager im Bereich des Anschlusses der Aktuatorwelle an die Lenkspindel angeordnet ist und die Lenkspindel infolge ihres starren Anschlus-
35 ses an die Aktuatorwelle aktuatorseitig über die Aktuatorwelle gelagert ist.

Bei dieser Aktuatoreinheit steht die starre Verbindung zwischen der Aktua-

torwelle und der Lenkspindel im Vordergrund. Unter dem Begriff "starre Verbindung" im Rahmen dieser Ausführungen ist jede Verbindung zu verstehen, bei der eine Drehmomentübertragung von der Aktuatorwelle auf die Lenkspindel ohne Zwischenschaltung von bei einer Drehmomentübertragung einer Torsion unterliegenden Elementen erfolgt. Dieses Konzept gestattet es, die Lenkspindel unmittelbar an die Aktuatorwelle und somit ohne Zwischenschaltung besonderer Kupplungsglieder anzuschließen. Dieses wirkt sich günstig auf eine reduzierte Baulänge und den Systempreis aus. Die starre drehmomentschlüssige Anbindung der Lenkspindel an die Aktuatorwelle gestattet es des Weiteren, dass die Lagerung der Aktuatorwelle gleichzeitig zum Darstellen der aktuatorseitigen Lagerung der Lenkspindel dient. Die Lenkspindel ist sodann im Bereich ihres lenk-
radseitigen Abschlusses an einem Lager und mit ihrem anderen Ende durch die Verbindung mit der Aktuatorwelle an dem zur Lenkspindel weisenden Lager der Aktuatorwelle gelagert. Eine solche Aktuatereinheit benötigt daher nur drei Lager. Bei dieser Konzeption macht man sich die Tatsache zu Nutze, dass die Aktuatorwelle eine genaue, definierte Lagerung aufweisen muss, insbesondere dann, wenn als Aktuator ein elektronisch kommutierter und damit bürstenloser Gleichstrommotor eingesetzt wird. Die sehr genaue Lagerung der Aktuatorwelle liegt in dem bevorzugt sehr klein bemessenen Luftspalt zwischen Rotor und dem Statorpaket begründet. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, dass das lenkspindelseitige Lager der Aktuatorwelle in Bezug auf axiale Bewegungen als Festlager und das andere Lager der Aktuatorwelle als Loslager konzipiert ist. Die vorbeschriebene Lagerkonzeption der Aktuatereinheit bzw. ihrer Aktuatorwelle hat des Weiteren zur Folge, dass die Lenkspindel querkraftfrei an die Aktuatorwelle angeschlossen ist. Entsprechend einfacher kann das lenkspindelseitige Lager der Aktuatorwelle ausgebildet sein. Eine solche Anbindung der Lenkspindel an die Aktuatorwelle hat ferner zum Vorteil, dass der zwischen den Rotorwicklungen und den Statorwicklungen befindliche Luftspalt extrem klein vorgesehen sein kann. Dieser beträgt vorzugsweise weniger als 0,5 mm, insbesondere weniger als 0,3 mm oder sogar weniger als 0,25 mm, wobei der Luftspalt durch den Abstand der äußeren Mantelfläche des Rotors von der inneren Mantelfläche des Statorpaketes definiert ist.

Die aktuatorwellenseitige Lagerung der Lenkspindel unter Ausnützung des

lenkspindelseitigen Lagers der Aktuatorwelle ermöglicht es auch, den Anschluss des Führungs- oder Mantelrohrs der Lenkspindel an ein den Aktuator tragendes bzw. diesen mitbildendes Gehäuse vorzusehen, wobei eine Zentrierung ohne weiteres durch einen Zentrierflansch erfolgen kann. Aufgrund des großen Abstandes des an die Aktuatorwelle angeschlossenen Endes der Lenkspindel von ihrem oberen, lenkradseitigen Lager kann eine Zentrierung von Aktuatorwelle und Lenkspindel spannungsfrei erfolgen.

Um den typischen Anforderungen an die individuelle Einstellung eines Lenkrades zu genügen, kann die Lenkspindel und damit auch das Mantelrohr zweigeteilt ausgeführt sein, welche beiden Lenkspindelteile teleskopartig in axialer Richtung um einen bestimmten Bewegungsbetrag zum Einstellen der gewünschten Länge der Lenkspindel verstellbar sind. Bei einer solchen Ausgestaltung ist der Anschluss des unteren Lenkspindelteils an die Aktuatorwelle dergestalt ausgeführt, dass bei einem Herausziehen des oberen Lenkspindelteils von dem unteren Lenkspindelteil die Verbindung des unteren Lenkspindelteils zu der Aktuatorwelle nicht gelöst wird.

Bei Vorsehen eines elektronisch kommutierten Gleichstrommotors, ist gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, den Aktuator in einem Aktuatorgehäuse anzuordnen, und zwar in einem solchen, das selbsttragend ist, so dass die Aktuatoreinheit mit einem oder auch mehreren Anbindungspunkten über das Aktuatorgehäuse am Chassis oder einem Rahmen des Fahrzeuges angeschlossen werden kann. Typischerweise wird man eine solche Aktuatoreinheit über eine Zweipunktlagerung fahrzeugseitig anschließen, wobei der eine Anbindungspunkt im Bereich des von dem Lenkrad entfernten Endes des Motorgehäuses und der andere Anbindungspunkt im Bereich des lenkradseitigen Endes des Mantelrohrs der Lenkspindel vorgesehen ist.

Die Aktuatorwelle kann den Aktuator beidendig durchgreifend konzipiert sein, so dass das dem Anschluss an die Lenkspindel gegenüberliegende Ende aus dem Aktuatorgehäuse herausragt. Dieses Anschlussende der Aktuatorwelle kann zum Anschließen einer Rückfallmechanik oder weiterer Sensorik dienen.

Nachfolgend ist die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter

Bezugnahme auf die **Figur 1** beschrieben. Figur 1 zeigt in einer schematisierten Darstellung eine Aktuatoreinheit 1 für eine Kraftfahrzeug-Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung. Die Aktuatoreinheit 1 umfasst einen elektronisch kommutierten Gleichstrommotor 2 als Aktor. Der Rotor mit den Erregermagneten 3 des Motors 2 sitzt drehmomentschlüssig auf einer Aktuatorwelle 4. Die Statorwicklungen 5 befinden sich bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel an der Innenseite eines Aktuatorgehäuses 6. Das Aktuatorgehäuse 6 ist tragend konzipiert und dient gleichfalls zum Halten der beiden Lager 7, 8 der Aktuatorwelle 4. Aufgrund der tragenden Ausführung des Aktuatorgehäuses 6 kann die Aktuatoreinheit 1 über einem dem Aktuatorgehäuse 6 zugeordneten Anbindungspunkt 9 fahrzeugseitig befestigt werden. Die Aktuatorwelle 4 weist an ihrem einen Ende einen als Hohlwelle ausgebildeten Kupplungsabschnitt 10 auf. Die Aktuatorwelle 4 ist durch das Lager 8 an der äußeren Mantelfläche des Kupplungsabschnittes 10 gelagert. Das Lager 8 ist in Bezug auf axiale Bewegungen der Aktuatorwelle 4 als Festlager konzipiert, während das Lager 7 diesbezüglich als Loslager ausgeführt ist. Die Aktuatorwelle 4 ragt mit ihrem dem Kupplungsabschnitt 10 gegenüberliegenden Ende aus dem Aktuatorgehäuse 6 heraus. Der aus dem Aktuatorgehäuse 6 herausragende Abschnitt der Aktuatorwelle 4 ist durch einen Kragen 11 eingefasst. Das diesbezügliche freie Ende der Aktuatorwelle 4 trägt zum Anschließen weiterer Aggregate eine Vielverzahnung 12.

Angeordnet innerhalb des Aktuatorgehäuses 6 ist des Weiteren ein Rotorlagesensor 13, der an eine Ansteuerelektronik 14 angeschlossen ist.

Die Aktuatoreinheit 1 verfügt des Weiteren über eine bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel zweiteilig ausgeführte Lenkspindel 15. Das obere Lenkspindelteil 16 ist in einem oberen Mantelrohr 17 um seine Längsachse drehbar gelagert. Aus dem Mantelrohr 17 ragt das obere Lenkspindelteil mit einem Anschlussabschnitt 18 heraus. Dieser dient zum Anschließen eines in der Figur nicht näher dargestellten Lenkrades an die Lenkspindel 15. Im Bereich des lenkradseitigen Endes des Lenkspindelteils 16 ist die Lenkspindel 15 gegenüber dem Mantelrohr 17 durch ein Lager 19 gelagert.

Mit dem oberen Lenkspindelteil 16 steht ein unteres Lenkspindelteil 20

unter Zwischenschaltung eines Gleitelementes 21 drehmomentschlüssig, jedoch in axialer Richtung gegeneinander bewegbar in Eingriff. Gleichermaßen ist das obere Mantelrohr 17 gegenüber einem unteren Mantelrohr 22 in axialer Richtung verstellbar. Aufgrund dieser Verbindung zwischen oberem Lenkspindelteil 16 und unterem Lenkspindelteil 20 und oberem Mantelrohr 17 und unterem Mantelrohr 22 kann das obere Lenkspindelteil 16 teleskopartig gegenüber dem unteren Lenkspindelteil 20 verstellt werden. Dieses dient zum individuellen Einrichten der Länge der Lenkspindel 15. An der Außenseite des oberen Mantelrohrs 17 befindet sich unter Zwischenschaltung eines für einen Crashfall vorgesehenen Gleitelementes 23 ein oberer Anbindungspunkt 24 für die Aktuatereinheit 1.

Die Lenkspindel 15 ist mit ihrem unteren Endabschnitt 25 drehmomentschlüssig in den eine im Übrigen nicht näher dargestellte Innenverzahnung aufweisenden Kupplungsabschnitt 10 der Aktuatorwelle 4 eingesetzt und mittels eines Presssitzes innerhalb des Kupplungsabschnitts 10 fixiert. Somit ist die Lenkspindel 15 bzw. der untere Lenkspindelteil 20 drehmomentschlüssig und in axialer Richtung schlüssig mit der Aktuatorwelle 4 verbunden. Zum zentrierten Anschließen des unteren Mantelrohrs 22 an eine dem Aktuatorgehäuse 6 zugehörige Montageplatte 26 dient ein von der Montageplatte 26 abragender Zentrierflansch 27. Dieser greift ein in das zu der Montageplatte 26 hin offene untere Mantelrohr 22. Das Mantelrohr 22 trägt einen umlaufenden, nach außen abragenden Flansch 28, in den in Abständen Bohrungen zum Durchführen von Befestigungsschrauben zum Anschließen der Lenkspindel 15 den Aktuator 2 eingebracht sind.

Die Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung ist bezüglich der weiteren notwendigen Aggregate und Bestandteile im Übrigen nicht näher dargestellt. Der Lenkspindel 15 sind beispielsweise in Figur 1 nicht dargestellte Drehwinkelsensoren zugeordnet, mit denen der über das Lenkrad in die Lenkspindel eingebrachte Drehwinkel erfasst wird. Weitere Sensoren, wie beispielsweise Drehmomentsensoren können ebenfalls vorhanden sein.

Zum Erzeugen eines auf die Lenkspindel und somit auf das Lenkrad wirkenden Fahrgefühls wird der Synchronmotor 2 über die Ansteuerelektronik 14 angesteuert, damit auf diese Weise unter Berücksichtigung des von dem Fahrer vorgegebenen Lenkwinkels, der Geschwindigkeit und gege-

benenfalls weiterer Faktoren ein der von dem Fahrer ausgeübten Lenkbewegung entgegenwirkendes Drehmoment in die Lenkspindel eingebracht wird. Algorithmen zum Ansteuern eines solchen Aktuators sind hinlänglich bekannt.

5

Die Beschreibung der Aktuatereinheit, die als solche für eine Kraftfahrzeug-Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung beschrieben worden ist, macht deutlich, dass, wenn die Aktuatorwelle mechanisch an die zu lenkenden Räder unter Zwischenschaltung eines Lenkgetriebes angeschlossen ist, der Ak-
10 tuator auch als Lenkkraft unterstützender Aktuator eingesetzt werden kann, so dass auch für eine solche Anwendung die zu der Aktuatereinheit beschriebenen Vorteile zum Tragen kommen können.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|--------------------------|
| 1 | Aktuatereinheit |
| 2 | Synchronmotor |
| 3 | Rotor |
| 4 | Aktuatorwelle |
| 5 | Statorwicklung |
| 6 | Aktuatorgehäuse |
| 7 | Lager |
| 8 | Lager |
| 9 | Anbindungspunkt |
| 10 | Kupplungsabschnitt |
| 11 | Kragen |
| 12 | Vielverzahnung |
| 13 | Rotorlagesensor |
| 14 | Ansteuerelektronik |
| 15 | Lenkspindel |
| 16 | Lenkspindelteil, oberes |
| 17 | Mantelrohr |
| 18 | Anschlussabschnitt |
| 19 | Lager |
| 20 | Lenkspindelteil, unteres |
| 21 | Gleitelement |
| 22 | Mantelrohr |
| 23 | Gleitelement |
| 24 | Anbindungspunkt |
| 25 | Endabschnitt |
| 26 | Montageplatte |
| 27 | Zentrierflansch |
| 28 | Flansch |

Patentansprüche

- 5
10
15
Aktuatoreinheit für eine Kraftfahrzeug-Steer-by-Wire-Lenkeinrichtung, umfassend eine in einem Mantelrohr (17, 22) angeordnete, gegenüber diesem um ihre Längsachse drehbar gelagerte Lenkspindel (15), deren eines Ende zum drehmomentschlüssigen Anschließen eines Lenkrades ausgebildet ist, sowie einen Aktuator (2) mit einer durch den Aktuator (2) angetriebenen Aktuatorwelle (4), deren eines Ende drehmomentschlüssig an die Lenkspindel (15) angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lenkspindel (15) starr an die in zwei Lagern (7, 8) gelagerte Aktuatorwelle (4) angeschlossen ist, wobei eines der beiden Lager (7) im Bereich des Anschlusses der Aktuatorwelle (4) an die Lenkspindel (15) angeordnet ist, und die Lenkspindel (15) infolge ihres starren Anschlusses an die Aktuatorwelle (4) aktuatorseitig über die Aktuatorwelle (4) gelagert ist.
- 20
Aktuatoreinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das lenkspindelseitige Lager (8) der Aktuatorwelle (4) in axialer Richtung wirkend als Festlager und das andere Lager (7) der Aktuatorwelle (4) diesbezüglich als Loslager ausgeführt sind.
- 25
Aktuatoreinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktuator ein bürstenloser Gleichstrommotor (2) ist.
- 30
Aktuatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktuator (2) in einem als tragend konzipierten Aktuatorgehäuse (6) angeordnet ist, das über zumindest einen Anbindungspunkt (9) zum Befestigen des Aktuatorgehäuses (6) an dem Chassis oder Rahmen eines Fahrzeuges verfügt.
- 35
Aktuatoreinheit nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die statorseitigen Wicklungen (5) des Motors (2) an der Innenseite des Aktuatorgehäuses (6) angeordnet sind.
- Aktuatoreinheit nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass der Luftspalt zwischen Rotor- und Statorwicklungen (3 bzw. 5) kleiner als 0,5 mm, insbesondere kleiner als 0,3 mm ist.

- 5 **7.** Aktuatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur starren Verbindung von Aktuatorwelle (4) und Lenkspindel (15) die Lenkspindel (15) mittels einer Presssitzverbindung an die Aktuatorwelle (4) angeschlossen ist.
- 10 **8.** Aktuatoreinheit nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Presssitzverbindung eine in Umfangsrichtung wirkende Verzahnung aufweist.
- 15 **9.** Aktuatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lenkspindel (15) zweiteilig konzipiert ist und ein unteres Lenkspindelteil (20) sowie ein oberes Lenkspindelteil (16) umfasst, welche beiden Lenkspindelteile (16, 20) über ein in längsaxialer Richtung wirkendes Gleitlager (21) drehmoment-schlüssig miteinander verbunden sind.
- 20 **10.** Aktuatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das der Lenkspindel (15) zugeordnete Lager (19) im Bereich des lenkradseitigen Endes der Lenkspindel (15) angeordnet ist.
- 25 **11.** Aktuatoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktuatorwelle (4) als Hohlwelle mit Innenverzahnung ausgeführt ist.

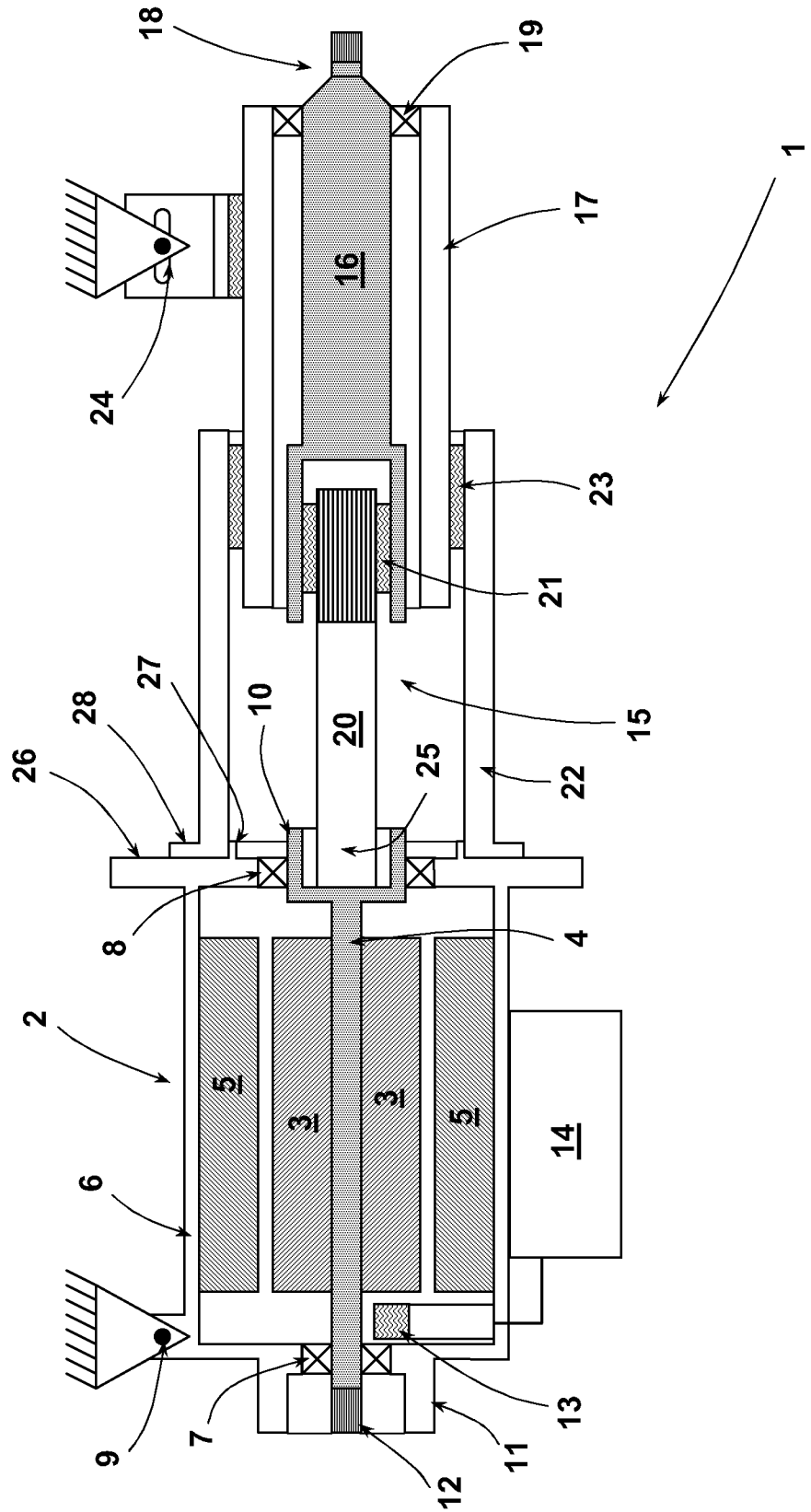


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/059884

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B62D5/04

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)
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 practical, search terms used)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102 55 751 A1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG [DE]) 9 June 2004 (2004-06-09)	1-5,7,10
Y		9,11
A	abstract; figure 1 paragraphs [0009], [0012], [0018], [0019]	6
X	DE 29 25 156 B1 (DAIMLER BENZ AG) 25 September 1980 (1980-09-25)	1,3-8,10
A	abstract; claims 1-8; figures column 4, line 18 - column 5, line 11 column 6, lines 24-60	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 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.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 November 2009

Date of mailing of the international search report

13/11/2009

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

Balázs, Matthias

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/059884

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 35 30 001 A1 (OPEL ADAM AG [DE]) 5 March 1987 (1987-03-05)	1,3-6,10
A	figures 1-4 column 5, lines 6-42 column 6, line 65 - column 7, line 31 -----	7
Y	US 5 417 614 A (DYKEMA MICHAEL A [US] ET AL) 23 May 1995 (1995-05-23)	9
A	abstract; claim 1; figures -----	1
Y	DE 10 2006 061949 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3 July 2008 (2008-07-03)	11
A	abstract; figures 4-6 paragraphs [0024] - [0027], [0031] -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/059884

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10255751	A1	09-06-2004	NONE	
DE 2925156	B1	25-09-1980	NONE	
DE 3530001	A1	05-03-1987	NONE	
US 5417614	A	23-05-1995	AU 661635 B1 BR 9501045 A EP 0699574 A2 JP 7257398 A	27-07-1995 24-10-1995 06-03-1996 09-10-1995
DE 102006061949	A1	03-07-2008	WO 2008080661 A1	10-07-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/059884

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B62D5/04

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 102 55 751 A1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG [DE]) 9. Juni 2004 (2004-06-09)	1-5, 7, 10
Y		9, 11
A	Zusammenfassung; Abbildung 1 Absätze [0009], [0012], [0018], [0019] -----	6
X	DE 29 25 156 B1 (DAIMLER BENZ AG) 25. September 1980 (1980-09-25)	1, 3-8, 10
A	Zusammenfassung; Ansprüche 1-8; Abbildungen Spalte 4, Zeile 18 - Spalte 5, Zeile 11 Spalte 6, Zeilen 24-60 ----- -/-	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 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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. November 2009

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

13/11/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter.

Balázs, Matthias

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/059884

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 35 30 001 A1 (OPEL ADAM AG [DE]) 5. März 1987 (1987-03-05)	1,3-6,10
A	Abbildungen 1-4 Spalte 5, Zeilen 6-42 Spalte 6, Zeile 65 - Spalte 7, Zeile 31	7
Y	US 5 417 614 A (DYKEMA MICHAEL A [US] ET AL) 23. Mai 1995 (1995-05-23)	9
A	Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen	1
Y	DE 10 2006 061949 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3. Juli 2008 (2008-07-03)	11
A	Zusammenfassung; Abbildungen 4-6 Absätze [0024] - [0027], [0031]	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/059884

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10255751 A1	09-06-2004	KEINE	
DE 2925156 B1	25-09-1980	KEINE	
DE 3530001 A1	05-03-1987	KEINE	
US 5417614 A	23-05-1995	AU 661635 B1	27-07-1995
		BR 9501045 A	24-10-1995
		EP 0699574 A2	06-03-1996
		JP 7257398 A	09-10-1995
DE 102006061949 A1	03-07-2008	WO 2008080661 A1	10-07-2008