

(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
19. Dezember 2024 (19.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/256052 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B62D 5/04 (2006.01) B62D 15/02 (2006.01)

weg 8, 9475 Sevelen (CH). MAZZA, Lukas; Steinenbach
7, 9466 Sennwald (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/058935

(22) Internationales Anmeldedatum:
02. April 2024 (02.04.2024)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
BE 2023/5486 13. Juni 2023 (13.06.2023) BE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP PRESTA AG** [LI/LI]; Es-
sanenstrasse 10, 9492 Eschen (LI). **THYSSENKRUPP AG**
[DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **FEJES, Tamás**; Váci Mihály str. 6., 3400 Me-
zőkövesd (HU). **SNEIDER, Janos**; Kismarton utca 20 I/3,
2120 Dunakeszi (HU). **RAITHER, Wolfram**; Gadretsch-

(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, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: STEERING ACTUATOR FOR A STEER-BY-WIRE STEERING SYSTEM OF A MOTOR VEHICLE, AND METHOD
FOR OPERATING A STEERING ACTUATOR

(54) Bezeichnung: LENKAKTUATOR FÜR EIN STEER-BY-WIRE-LENKSYSTEM EINES KRAFTFAHRZEUGS UND
VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES LENKAKTUATORS

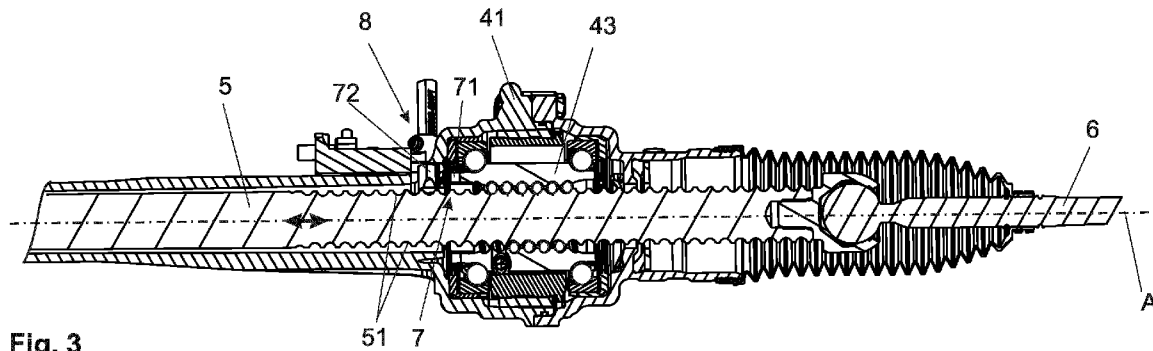


Fig. 3

(57) Abstract: The present invention relates to a steering actuator (4) for a steer-by-wire steering system (1) of a motor vehicle, said steering actuator comprising an actuator housing (41) in which an actuator rod (5) is mounted so as to be axially translationally displaceable, which actuator rod has a coaxial spindle thread (51) that engages in a spindle nut (43) that is axially supported in the actuator housing (41) and can be rotationally driven by a motor, wherein a sensor device is provided for detecting the position of the actuator rod (5) in the actuator housing (41). In order to enable a more compact design with reduced outlay, according to the invention the sensor device has a rotary sensor (7) that interacts with the spindle nut (43).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Lenkaktuator (4) für ein Steer-by-Wire-Lenksystem (1) eines Kraftfahrzeugs, umfassend ein Aktuatorgehäuse (41), in dem eine Aktuatorstange (5) axial translatorisch verschiebbar gelagert ist, die ein koaxiales Spindelgewinde (51) aufweist, das in eine in dem Aktuatorgehäuse (41) axial abgestützte, motorisch drehend antreibbare Spindelmutter (43) eingreift, wobei eine Sensorvorrichtung vorgesehen ist zur Erfassung der Position der Aktuatorstange (5) in dem Aktuatorgehäuse (41). Um eine kompaktere Bauweise bei geringerem Aufwand zu ermöglichen, schlägt die Erfindung vor, dass die Sensorvorrichtung einen mit der Spindelmutter (43) zusammenwirkenden Drehsensor (7) aufweist.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)

Lenkaktuator für ein Steer-by-Wire-Lenksystem eines Kraftfahrzeugs und
Verfahren zum Betrieb eines Lenkactuators

5

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Lenkaktuator für ein Steer-by-Wire-Lenksystem eines Kraftfahr-
zeugs, umfassend ein Aktuatorgehäuse, in dem eine Aktuatorstange axial translatorisch ver-
schiebbar gelagert ist, die ein koaxiales Spindelgewinde aufweist, das in eine in dem Aktua-
torgehäuse axial abgestützte, motorisch drehend antreibbare Spindelmutter eingreift, wobei
eine Sensorvorrichtung vorgesehen ist zur Erfassung der Position der Aktuatorstange in dem
Aktuatorgehäuse. Ein Verfahren zum Betrieb eines Lenkactuators ist ebenfalls Gegenstand
der Erfindung.

15

Ein Lenkaktuator dient in einem Kraftfahrzeug-Lenksystem zur Erzeugung des mechani-
schen Lenkeinschlags eines oder mehrerer lenkbarer Räder. Bei einem Steer-by-Wire-Lenk-
system werden Lenkbefehle manuell in eine Lenkhandhabe eingegeben, oder im autonomen
Fahrbetrieb automatisiert erzeugt und in elektrische Steuersignale umgesetzt, die einen
elektro-motorischen Lenkaktuator zur Erzeugung eines Lenkeinschlags der Räder ansteuern.

20

Ein gattungsgemäßer motorischer Lenkaktuator weist eine Aktuatorstange auf, die in ihrer
Längsrichtung, üblicherweise quer zur Fahrtrichtung relativ zur Fahrzeugkarosserie, in einem
relativ zur Fahrzeugkarosserie fixierten Aktuatorgehäuse verstellbar ist. Die Aktuatorstange
ist am Achsschenkel eines oder mehrerer lenkbarer Räder des Fahrzeugs angelenkt. Die
axiale translatorische Verschiebung der Aktuatorstange im Aktuatorgehäuse bewirkt einen
mechanischen Lenkeinschlag der lenkbaren Räder.

25

Die lineare Verlagerung erfolgt bei einem gattungsgemäßen Lenkaktuator durch einen
elektro-motorisch antreibbaren Spindeltrieb. Dieser umfasst eine in dem Aktuatorgehäuse
drehbar gelagerte, axial abgestützte Spindelmutter, in die ein Spindelgewinde der Aktuator-
stange eingreift. Die Spindelmutter kann von einem durch elektrische Steuerbefehle ange-
steuerten elektrischen Motor rotierend angetrieben werden, wodurch die Aktuatorstange ent-
sprechend der Verdrehung der Spindelmutter linear verlagert wird und über mit den Achs-
schenkeln verbundene Spurstangen einen mechanischen Lenkeinschlag erzeugt.

35

Der Lenkeinschlag ist mit der axialen Position der Aktuatorstange in dem Aktuatorgehäuse korreliert. Zur Realisierung eines sicheren Betriebs wird diese lineare Position mittels einer elektrischen Sensorvorrichtung erfasst, wobei die elektrischen Positions-Messwerte als Ist-Werte in einen elektrischen Regelkreis des Lenksystems eingespeist werden.

5

Im Stand der Technik ist es beispielsweise aus der DE 10 2021 205 316 A1 bekannt, dass die Aktuatorstange einen Zahnstangenabschnitt aufweist, mit dem ein Messrad eines Messaufnehmers gekoppelt ist, der die axiale Position der Aktuatorstange misst. Es ist weiter bekannt, dass die Sensorvorrichtung in die Aktuatorstange eingebrachte, axial aufeinander folgende Markierungen aufweisen kann, die mittels eines elektrischen Messaufnehmers zur Positionserfassung abgetastet werden, wie beispielsweise in der WO 2018/233849 A1 vorgeschlagen wird.

10

Die bekannten Sensorvorrichtungen ermöglichen eine zuverlässige elektrische Messung der axialen Position der Aktuatorstange. Der dabei in jedem Fall erforderliche Messabschnitt erfordert jedoch zusätzlichen Aufwand zur Bearbeitung der Aktuatorstange, und die mindestens dem maximalen axialen Verstellweg entsprechende Länge des Messabschnitts führt zu einer relativ großen Baulänge. Darüber hinaus erfordert der an dem Aktuatorgehäuse angebrachte Messaufnehmer zusätzlichen Bauraum, was einer kompakten Bauform entgegensteht.

15

20

Angesichts der vorangehend erläuterten Problematik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine kompaktere Bauweise bei geringerem Aufwand zu ermöglichen.

25

Darstellung der Erfindung

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch den Lenkaktuator mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und das Verfahren gemäß Anspruch 11. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

30

Bei einem Lenkaktuator für ein Steer-by-Wire-Lenksystem eines Kraftfahrzeugs, umfassend ein Aktuatorgehäuse, in dem eine Aktuatorstange axial translatorisch verschiebbar gelagert ist, die ein koaxiales Spindelgewinde aufweist, das in eine in dem Aktuatorgehäuse axial abgestützte, motorisch drehend antreibbare Spindelmutter eingreift, wobei eine Sensorvorrichtung vorgesehen ist zur Erfassung der Position der Aktuatorstange in dem Aktuatorgehäuse, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Sensorvorrichtung einen mit der Spindelmutter zusammenwirkenden Drehsensor aufweist.

35

Gemäß der Erfindung wird die Winkelstellung der Spindelmutter bezüglich Rotation um die Achse der Aktuatorstange erfasst, die der Gewinde- bzw. Spindelachse des Spindelgewindes entspricht, welches bezüglich Rotation um die Achse relativ zum Aktuatorgehäuse feststeht. Dadurch, dass die Winkelstellung über die Steigung des Spindelgewindes eindeutig mit der axialen Position der des Spindelgewindes korreliert ist, kann daraus entsprechend die axiale Position der Aktuatorstange relativ zum Aktuatorgehäuse bestimmt werden.

Dadurch, dass an der erfindungsgemäßen Aktuatorstange keine axial abtastbaren Markierungen oder dergleichen ausgebildet sein müssen, kann die Baulänge verkürzt werden, wodurch kompaktere Abmessungen des Lenkactuators realisierbar sind. Diesbezüglich ist es ebenfalls vorteilhaft, dass bei der Erfindung der Messaufnehmer im Bereich der Lagerung der Spindelmutter in das Aktuatorgehäuse integriert werden kann, wodurch gegenüber dem Stand der Technik, bei dem ein Messaufnehmer im Bereich der Markierungen von der Spindelmutter axial beabstandet angeordnet werden muss, zusätzlich Bauraum eingespart werden kann.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, dass der lineare Vorschub der Aktuatorstange entsprechend der Gewindesteigung kleiner ist als der damit korrelierte Betrag der Umfangsbewegung in Umfangsrichtung bei der Drehung der Spindelmutter, gemessen an der Spindelmutter in einem Radius außerhalb der des Gewindedurchmessers. Dadurch kann bereits durch eine relativ geringe Auflösung bei der Messung der Drehung der Spindelmutter eine relativ hohe lineare Messgenauigkeit bezüglich der Messung der linearen Position der Aktuatorstange realisiert werden, etwa vergleichbar mit der Umkehrung des Messprinzips einer analogen Mikrometerschraube.

Außerdem kann dadurch, dass die im Stand der Technik erforderliche Bearbeitung zur Erzeugung der Markierungen wegfällt, der Herstellungsaufwand reduziert werden.

Es ist vorteilhaft, dass der Drehsensor als Absolut-Winkelsensor ausgebildet ist. Dadurch wird eine Messung der absoluten Drehposition der Spindelmutter ermöglicht, also der absoluten Winkelposition relativ zum Spindelgewinde. Entsprechend ist ein absoluter Winkel-Messwert eindeutig korreliert mit der absoluten axialen Position der Aktuatorstange, bzw. ihrer Position relativ zum Aktuatorgehäuse. Auf diese Weise kann der zur Positionsmessung erforderliche Aufwand in vorteilhafter Weise gering gehalten werden. Zur praktischen Realisierung ist es möglich, dass jeder Winkelposition der Spindelmutter ein eindeutiger, absoluter

Messwert zugeordnet ist. Alternativ kann vorgesehen sein, dass ein dem momentanen Verstellzustand entsprechender Absolut-Messwert der Position der Aktuatorstange von der Sensorvorrichtung elektronisch gespeichert wird, und eine nachfolgende Drehung der Spindel-
mutter relativ gemessen und zum gespeicherten Messwert addiert wird, um so den absoluten
5 Positions-Messwert aktuell zu halten. Ein derartiger Betrieb wird auch als „sleep mode“-fähig bezeichnet. Dadurch kann ein mit geringem Aufwand realisierbarer Inkrementalgeber eingesetzt werden, der die Drehung der Spindelmutter in eine winkelaufgelöste Impulsfolge umsetzt.

10 Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass der Drehsensor als Multi-Turn-Sensor ausgebildet ist. Zur vollständigen Verstellung der Aktuatorstange in eine Mehrzahl von Umdrehungen der Spindelmutter erforderlich, die der Anzahl der Gewindegänge des Spindelgewindes entspricht, oder anders ausgedrückt entspricht die Anzahl der Umdrehungen dem Verhältnis
15 des möglichen axialen Verstellwegs relativ zur Steigung des Gewindes. Ein Multi-Turn-Sensor kann zusätzlich zur Winkelstellung innerhalb einer Umdrehung die Anzahl der Umdrehungen der Spindelmutter erfassen, bevorzugt als Absolut-Messwerte, so dass in jedem Verstellzustand die axiale Position der Aktuatorstange eindeutig messbar ist.

Es ist möglich, dass der Drehsensor magnetisch und/oder kapazitiv und/oder optisch ausgestaltet ist. Es können im Prinzip zur Positionserfassung geeignete, vorzugsweise berührungslose Messverfahren eingesetzt werden. Beispielsweise kann die Spindelmutter an ihrem Umfang eine magnetische, kapazitiv oder/und optisch erfassbare Kodierung aufweisen, die von einem Messaufnehmer der Sensorvorrichtung in Umfangsrichtung aufgelöst messbar
20 ist. Derartige Messverfahren können mit geringem Raumbedarf in das Aktuatorgehäuse integriert werden.

Eine vorteilhafte Ausführung kann vorsehen, dass der Drehsensor ein an der Spindelmutter angebrachtes Sensorelement und einen damit zusammenwirkenden, an dem Aktuatorgehäuse angebrachten Messaufnehmer aufweist. Das Sensorelement kann bevorzugt über den
30 gesamten Umfang an der Spindelmutter angebracht oder mit dieser integriert ausgebildet sein, beispielsweise in Form einer Mehrzahl von über den Umfang verteilten Markierungen. Der Messaufnehmer ist damit entsprechend dem eingesetzten Messverfahren korrespondierend ausgebildet, und relativ dazu axial oder radial an dem Aktuatorgehäuse fixiert. Dadurch kann eine Drehung der Spindelmutter mit der geforderten Winkelauflösung bauraumsparend
35 und mit geringem Aufwand realisiert werden.

In der vorgenannten Ausführung ist es möglich, dass das Sensorelement einen coaxialen Magnetring umfasst. Der Magnetring kann beispielsweise axial stirnseitig an der Spindelmutter angebracht sein. Er kann bevorzugt eine winkelabhängige magnetische Kodierung aufweisen. Der Messaufnehmer kann einen korrespondierenden Magnetsensor aufweisen, beispielsweise einen GMR-Sensor (= Giant Magnetic Resistance-Sensor), einen Hall-Sensor oder dergleichen, der in einem definierten Messabstand axial oder radial beabstandet relativ zum Magnetring positioniert ist. Dadurch wird eine robuste, gegenüber Störeinflüssen relativ unempfindliche berührungslose Messung der Winkelposition der Spindelmutter ermöglicht.

Eine vorteilhafte Weiterbildung kann dadurch realisiert sein, dass der Drehsensor eine Justiereinrichtung aufweist. Die Justiereinrichtung ermöglicht eine Verstellung des Messaufnehmers relativ zum Sensorelement. Auf diese Weise kann der optimale Messabstand einfach eingestellt werden, bei einem berührungslosen Messverfahren beispielsweise ein möglichst enger Luftspalt zwischen Sensorelement und Messaufnehmer. Dadurch kann bei der Fertigung nach der Montage von Sensorelement und Messaufnehmer einfach eine Kalibrierung der Sensorvorrichtung erfolgen.

Die Justiereinrichtung kann bevorzugt ausgebildet sein, um den Messaufnehmer axial und/oder radial relativ zum Sensorelement zu verstellen. Hierzu kann beispielsweise eine axial und/oder radial verstellbare Führung, ein Stellschlitten oder dergleichen vorgesehen sein, um die Positionierung eines daran angebrachten Messaufnehmers im optimalen Messabstand zu ermöglichen.

Die Justiereinrichtung kann vorzugsweise eine axiale und/oder radiale Verstellung zwischen Sensorelement und Messaufnehmer ermöglichen, um eine optimale räumliche Positionierung zu ermöglichen.

Es ist vorteilhaft, dass die Justiereinrichtung mindestens einen relativ zum Aktuatorgehäuse verstellbaren Einstelltrieb aufweist. Ein solcher Einstelltrieb kann manuell einstellbar ausgebildet sein, und beispielsweise eine Stellschraube umfassen, die in ein am Aktuatorgehäuse abgestütztes Stellgewinde eingeschraubt ist, und mit dem Messaufnehmer verbunden ist.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Spindelmutter als Kugelumlaufmutter ausgebildet ist. Das Spindelgewinde ist damit korrespondierend zur Bildung eines Kugelgewindetriebs (KGT) ausgebildet. Es ist weiterhin denkbar und möglich, dass der Drehsensor mit einer Riemenscheibe des Riemengetriebes zusammenwirkt. Ein KGT stellt einen effizienten Lineartrieb zur Umsetzung der Rotation der Spindelmutter in eine Axialbewegung der Aktuatorstange

dar. Für die Erfindung ist es vorteilhaft, dass das axiale Spiel zum Spindelgewinde null sein kann, so dass eine nahezu toleranzfreie Korrelation zwischen der Drehstellung der Spindelmutter und der axialen Position der Aktuatorstange ermöglicht wird.

- 5 Bei einem Verfahren zum Betrieb eines Lenkactuators in einem Kraftfahrzeug, bei dem durch eine Sensorvorrichtung die axiale Position einer in einem Aktuatorgehäuse translatorisch verschiebbar gelagerten Aktuatorstange erfasst wird, wobei die Aktuatorstange ein koaxiales Spindelgewinde aufweist, das in eine in dem Aktuatorgehäuse axial abgestützte, motorisch drehend antreibbare Spindelmutter eingreift, ist erfindungsgemäß vorgesehen, durch einen
- 10 Drehsensor der Sensorvorrichtung eine Drehposition (Winkelposition) der Spindelmutter relativ zum Aktuatorgehäuse gemessen wird, und aus der erfassten Drehposition eine axiale Position der Aktuatorstange ermittelt wird.

- Bei der Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens können sämtliche Vorgehensweisen umgesetzt sein, die vorangehend im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Lenkaktor beschrieben sind.
- 15

- Aus der Messung der Drehung der Spindelmutter wird unter Berücksichtigung der Gewindesteigung die axiale Position der Aktuatorstange in dem Aktuatorgehäuse bestimmt. Durch die
- 20 direkte Korrelation kann die dazu erforderliche Umrechnung mit geringem Aufwand erfolgen.

Beschreibung der Zeichnungen

- 25 Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Im Einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Lenksystems,

- 30 Fig. 2 einen erfindungsgemäßen Lenkaktor in einer perspektivischen Darstellung,

Fig. 3 einen Längsschnitt durch den Lenkaktor gemäß Fig. 2,

- Fig. 4 eine schematische perspektivische Schnittansicht des Lenkactuators gemäß
- 35 Figur 3.

Ausführungsformen der Erfindung

In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher in der Regel auch jeweils nur einmal benannt bzw. erwähnt.

5

Fig. 1 zeigt schematisch ein Steer-by-wire-Lenksystem 1, welches eine Lenksäule 2 umfasst. Diese weist eine an einer nicht gezeigten Fahrzeugkarosserie montierbare Trageinheit 21 auf, von der eine Lenkspindel 22 um ihre Längsachse drehbar gelagert ist. An ihrem bezüglich der Fahrtrichtung hinteren, fahrerseitigen Ende ist an der Lenkspindel 22 zur Eingabe manueller Lenkbefehle ein Lenkrad 23 drehfest montiert.

10

In der Lenksäule 2 ist eine im Einzelnen nicht dargestellte Drehwinkel- und Drehmomentenerfassungssensorik untergebracht, welche einen durch Drehung des Lenkrads 23 in die Lenkspindel 22 eingebrachten Lenkbefehl in ein elektrisches Steuersignal, nämlich ein Lenksignal umsetzt.

15

Das Steuersignal wird über eine elektrische Steuerleitung 3 an einen erfindungsgemäßen elektrischen Lenkaktuator 4 geleitet.

20

Das elektrische Steuersignal kann im autonomen Fahrbetrieb auch automatisiert, ohne manuellen Lenkeingriff, zur Verfügung gestellt werden.

Der Lenkaktuator 4 – der in Detailansichten in den Fig. 2 bis 4 gezeigt ist – weist ein Aktuatorgehäuse 41 auf, welches hier nicht dargestellte Verbindungselemente zur Anbringung an einer nicht dargestellten Fahrzeugkarosserie aufweist.

25

In dem Aktuatorgehäuse 41 ist eine Aktuatorstange 5, die sich entlang einer Achse A, die auch als Aktuatorachse A bezeichnet wird, quer zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs erstreckt, axial, d.h. in ihrer durch diese Achse A vorgegebenen Längsrichtung verschiebbar gelagert, wie mit dem Doppelpfeil angedeutet ist.

30

Die beiden äußeren, aus dem Aktuatorgehäuse 41 vorstehenden Enden der Aktuatorstange 5 sind jeweils über eine Spurstange 6 mit einem lenkbaren Rad 61 verbunden, so dass eine axiale Verschiebung der Aktuatorstange 5 jeweils einen Lenkeinschlag des Rades 61 relativ zur Fahrbahn 62 bewirkt.

35

Zur Erzeugung eines Lenkeinschlags weist der Lenkaktuator 4 einen über die Steuerleitung 3 elektrisch ansteuerbaren elektro-motorischen Antrieb mit einem an dem Aktuatorgehäuse 41 angebrachten elektrischen Motor 42 auf.

- 5 Von dem Motor 42 ist eine in dem Aktuatorgehäuse 41 drehbar gelagerte, axial abgestützte Spindelmutter 43 drehend antreibbar, die in Fig. 3 erkennbar ist. In diese greift ein an der Aktuatorstange 5 ausgebildetes Spindelgewinde 51 ein. Auf diese Weise wird ein linearer Spindeltrieb gebildet, bei dem durch entsprechende Drehrichtung des Motors 42 die Aktuatorstange 5 relativ zur Aktuatorgehäuse 41 axial, d.h. in ihrer Längsrichtung bewegt werden
10 kann, wie in Fig. 3 mit dem Doppelpfeil angedeutet ist.

Die Spindelmutter 43 kann wie in dem gezeigten Beispiel bevorzugt als Kugelumlaufmutter ausgebildet sein.

- 15 Fig. 4 zeigt einen teilweisen Längsschnitt im Bereich der Spindelmutter 43 in einer schematischen perspektivischen Darstellung.

Eine erfindungsgemäße Sensorvorrichtung weist einen Drehsensor 7 auf, der einen stirnseitig axial an der Spindelmutter 43 angebrachten Magnetring 71 aufweist, in den Darstellungen von Fig. 3 und 4 auf der linken Stirnseite der Spindelmutter 43. Der Magnetring 71 ist zur
20 Achse A koaxial angeordnet und weist eine über seinen Umfang eine in Umfangrichtung koordierte Magnetisierung auf, beispielsweise Magnetsegmente oder dergleichen.

Mit axialem Abstand, einem Luftspalt definierter axialer Breite, ist ein Messaufnehmer 72 an
25 dem Aktuatorgehäuse 41 angebracht, der einen elektronischen Magnetsensor aufweist, beispielsweise einen GMR-Sensor oder dergleichen.

An dem Aktuatorgehäuse 41 ist eine Justiereinrichtung 8 angebracht, die einen axialen Einstelltrieb 81 umfasst, der beispielsweise eine Stellschraube aufweist, die in ein relativ zum
30 Aktuatorgehäuse feststehendes Gewinde eingeschraubt ist. Der Messaufnehmer 72 ist an einem radial verstellbaren Einstellelement 82 angebracht, welches einen Stellschlitten oder eine Einstellschraube aufweisen kann, und kann damit in radialer Richtung verstellt werden, wie mit dem Doppelpfeil angedeutet ist. Dieses Stellelement 82 kann durch Verstellen des axialen Stelltriebs 81 axial verlagert werden, wie mit dem Doppelpfeil angedeutet ist.

Durch Verstellung des axialen Einstelltriebs 81 und des radialen Stellelements 71 kann die relative Position des Messaufnehmers 72 relativ zum Magnetring 71 axial und radial eingestellt werden.

- 5 Der Messaufnehmer 72 ist an eine nicht dargestellte elektronische Mess- und Auswerteeinrichtung angeschlossen, welche die abhängig von der Drehposition der Spindelmutter 43 aufgenommenen Messwerte auswerten und daraus eine axiale Position der Aktuatorstange 5 bestimmen kann.

Bezugszeichenliste

	1	Lenksystem
	2	Lenksäule
	21	Trageinheit
5	22	Lenkspindel
	23	Lenkrad
	3	Steuerleitung
	4	Lenkaktuator
	41	Aktuatorgehäuse
10	42	Motor
	43	Spindelmutter
	5	Aktuatorstange
	51	Spindelgewinde
	6	Spurstange
15	61	Rad
	62	Fahrbahn
	7	Drehsensor
	71	Magnetring
	72	Messaufnehmer
20	8	Justiereinrichtung
	81	Einstelltrieb
	82	Einstellelement
	A	Achse (Aktuatorachse)

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Lenkaktuator (4) für ein Steer-by-Wire-Lenksystem (1) eines Kraftfahrzeugs, umfassend ein Aktuatorgehäuse (41), in dem eine Aktuatorstange (5) axial translatorisch verschiebbar gelagert ist, die ein koaxiales Spindelgewinde (51) aufweist, das in eine in dem Aktuatorgehäuse (41) axial abgestützte, motorisch drehend antreibbare Spindelmutter (43) eingreift,
- 10 wobei eine Sensorvorrichtung vorgesehen ist zur Erfassung der Position der Aktuatorstange (5) in dem Aktuatorgehäuse (41),
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensorvorrichtung einen mit der Spindelmutter (43) zusammenwirkenden Drehsensor (7) aufweist.
- 15 2. Lenkaktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehsensor (7) als Absolut-Winkelsensor ausgebildet ist.
3. Lenkaktuator nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehsensor (7) als Multi-Turn-Sensor ausgebildet ist.
- 20 4. Lenkaktuator nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehsensor (7) magnetisch und/oder kapazitiv und/oder optisch ausgestaltet ist.
- 25 5. Lenkaktuator nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehsensor (7) ein an der Spindelmutter (43) angebrachtes Sensorelement (71) und einen damit zusammenwirkenden, an dem Aktuatorgehäuse (43) angebrachten Messaufnehmer (72) aufweist.
- 30 6. Lenkaktuator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (71) einen koaxialen Magnetring (71) umfasst.
7. Lenkaktuator nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehsensor (7) eine Justiereinrichtung (8) aufweist.
- 35 8. Lenkaktuator nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Justiereinrichtung (8) ausgebildet ist, um den Messaufnehmer (72) axial und/oder radial relativ zum

Sensorelement (71) zu verstellen.

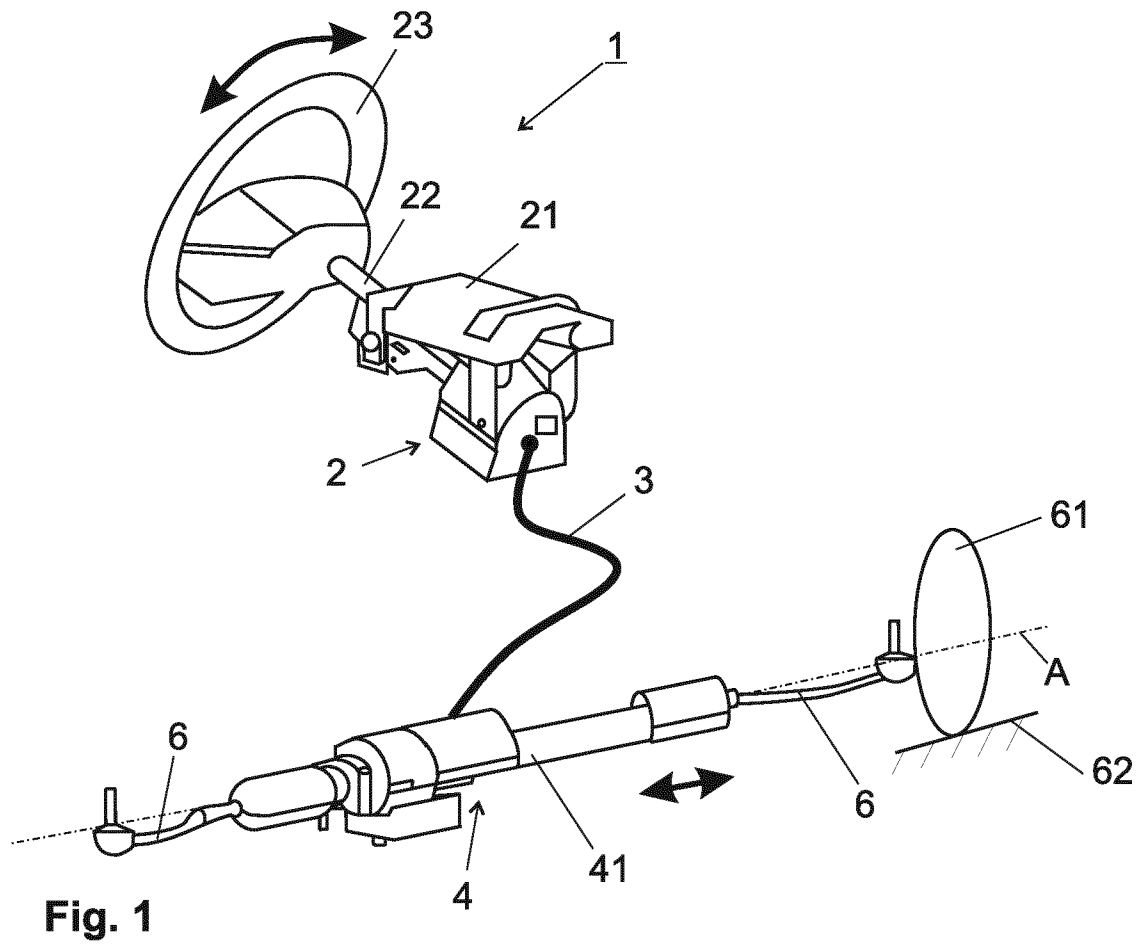
9. Lenkaktuator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Justiereinrichtung (8) mindestens einen relativ zum Aktuatorgehäuse (43) verstellbaren Einstelltrieb (81, 82) aufweist.

10. Lenkaktuator nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spindelmutter (43) als Kugelumlaufmutter ausgebildet ist.

11. Verfahren zum Betrieb eines Lenkactuators (4) in einem Kraftfahrzeug, bei dem durch eine Sensorvorrichtung die axiale Position einer in einem Aktuatorgehäuse (41) translatorisch verschiebbar gelagerten Aktuatorstange (5) erfasst wird, wobei die Aktuatorstange (5) ein koaxiales Spindelgewinde (51) aufweist, das in eine in dem Aktuatorgehäuse (41) axial abgestützte, motorisch drehend antreibbare Spindelmutter (43) eingreift,

gekennzeichnet dadurch,

dass durch einen Drehsensor (7) der Sensorvorrichtung eine Drehposition der Spindelmutter (43) relativ zum Aktuatorgehäuse (41) gemessen wird, und aus der erfassten Drehposition eine axiale Position der Aktuatorstange (5) ermittelt wird.



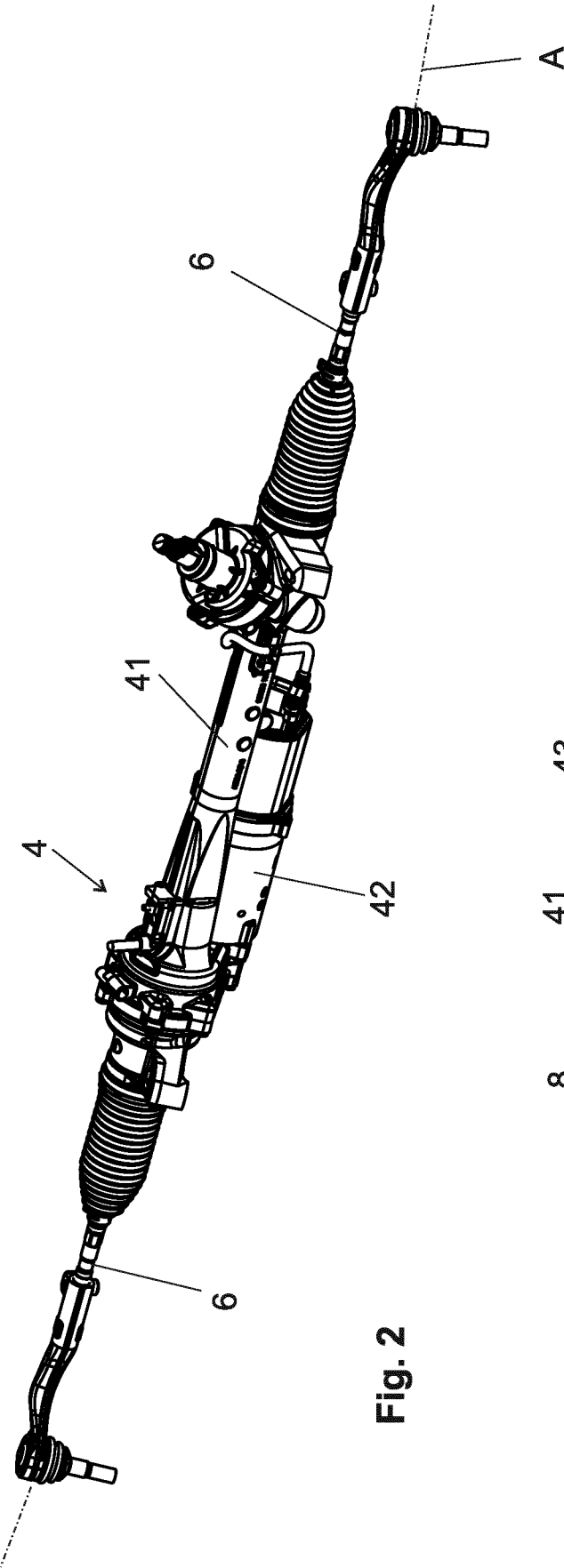


Fig. 2

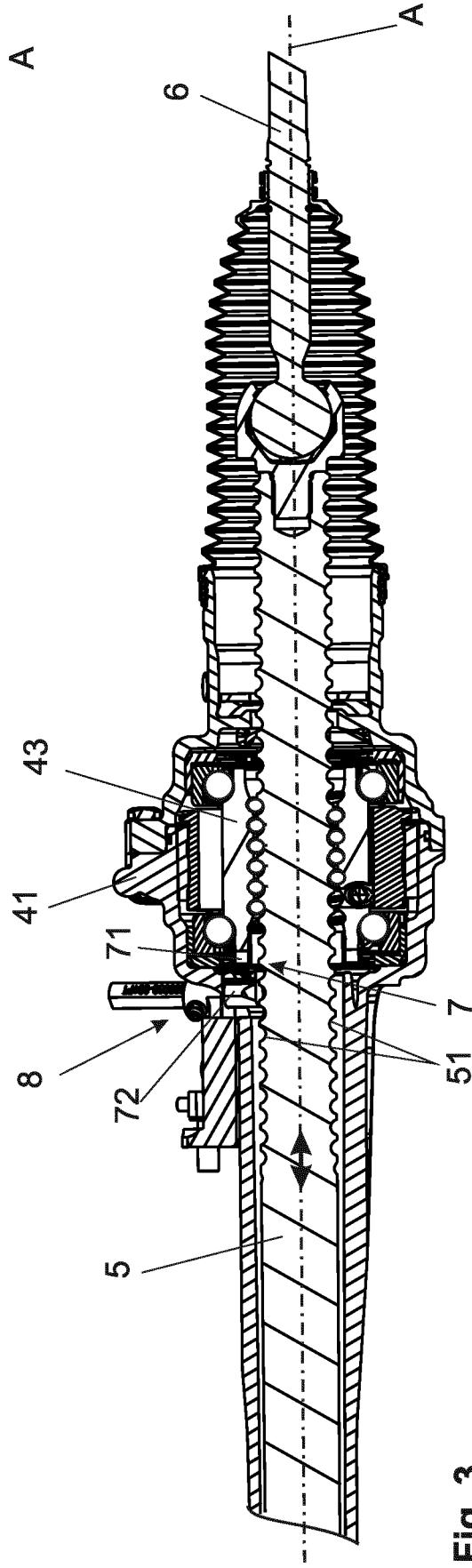


Fig. 3

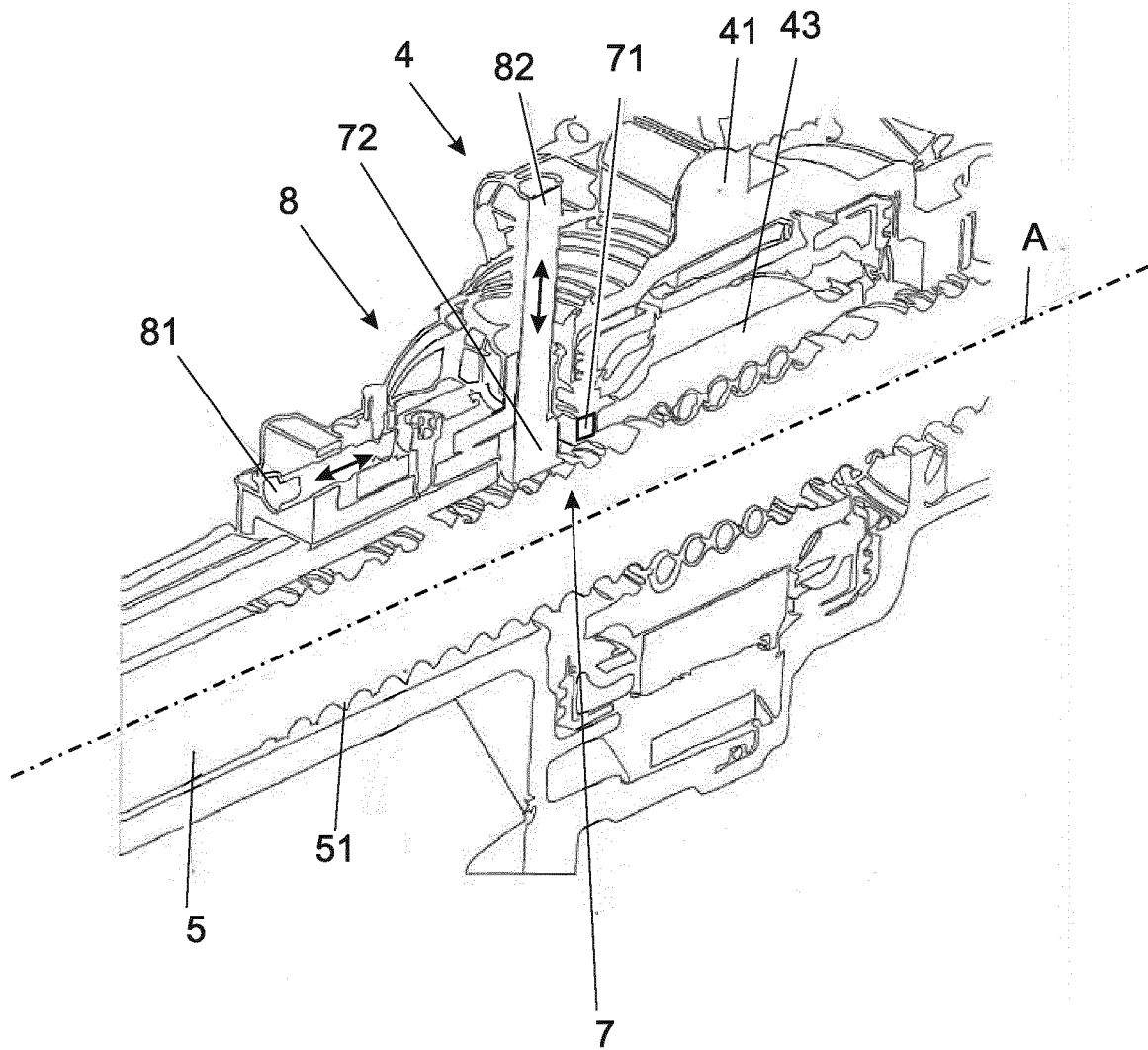


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/058935

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B62D 5/04**(2006.01)i; **B62D 15/02**(2006.01)i

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2022348250 A1 (JEON IN HWAN [KR]) 03 November 2022 (2022-11-03) paragraphs [0029], [0038] - [0041], [0059] - [0062]; figures 1,3, 6-8	1-6, 10, 11 7-9
A	WO 2006122436 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]; BATTISTI CHRISTOPH [AT]) 23 November 2006 (2006-11-23) page 1, paragraph 3	4, 6
A	DE 102013000898 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 24 July 2014 (2014-07-24) paragraphs [0009], [0014]	4, 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 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

22 June 2024

Date of mailing of the international search report

03 July 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

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

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

Authorized officer

Areal Calama, A

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/058935

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2022348250	A1	03 November 2022	CN	114007923	A	01 February 2022
				DE	112020002949	T5	17 March 2022
				KR	20200144973	A	30 December 2020
				US	2022348250	A1	03 November 2022
				WO	2020256336	A1	24 December 2020
WO	2006122436	A1	23 November 2006	DE	202006020385	U1	17 July 2008
				EP	1886095	A1	13 February 2008
				WO	2006122436	A1	23 November 2006
DE	102013000898	A1	24 July 2014	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B62D5/04 B62D15/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter 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	US 2022/348250 A1 (JEON IN HWAN [KR]) 3. November 2022 (2022-11-03)	1 - 6, 10, 11
A	Absätze [0029], [0038] - [0041], [0059] - [0062]; Abbildungen 1, 3, 6-8 -----	7-9
A	WO 2006/122436 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]; BATTISTI CHRISTOPH [AT]) 23. November 2006 (2006-11-23) Seite 1, Absatz 3 -----	4, 6
A	DE 10 2013 000898 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 24. Juli 2014 (2014-07-24) Absätze [0009], [0014] -----	4, 6
☐ 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 22. Juni 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 03/07/2024
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 Areal Calama, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/058935

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2022348250 A1	03-11-2022	CN 114007923 A	01-02-2022
		DE 112020002949 T5	17-03-2022
		KR 20200144973 A	30-12-2020
		US 2022348250 A1	03-11-2022
		WO 2020256336 A1	24-12-2020
WO 2006122436 A1	23-11-2006	DE 202006020385 U1	17-07-2008
		EP 1886095 A1	13-02-2008
		WO 2006122436 A1	23-11-2006
DE 102013000898 A1	24-07-2014	KEINE	