

(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
12. Juni 2025 (12.06.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/119413 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B62D 15/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2024/100725

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. August 2024 (14.08.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 133 806.4
04. Dezember 2023 (04.12.2023) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **BOSSECKER, Maximilian**; Grand-Centre-Ring 23/1, 76549 Hügelsheim (DE). **SEVERIN, Benjamin**; Sankenbachstraße 98, 72270 Baiersbronn (DE). **LENSEN, Stefan**; Grabenstr. 1, 77815 Bühl (DE). **GISSLER, Joseph**; Oberdorfstraße 31, 77948 Friesenheim (DE). **MÜLLER, Sebastian**; Karolinger Str. 14, 76137 Karlsruhe (DE). **ALTHERR, Jannick**; Eilseestraße 2, 77815 Bühl (DE). **VORNEHM, Martin**; Im Grün 47, 77815 Bühl (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, CV, CZ, 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,

(54) Title: STEERING UNIT FOR A VEHICLE

(54) Bezeichnung: LENKEINHEIT FÜR FAHRZEUG

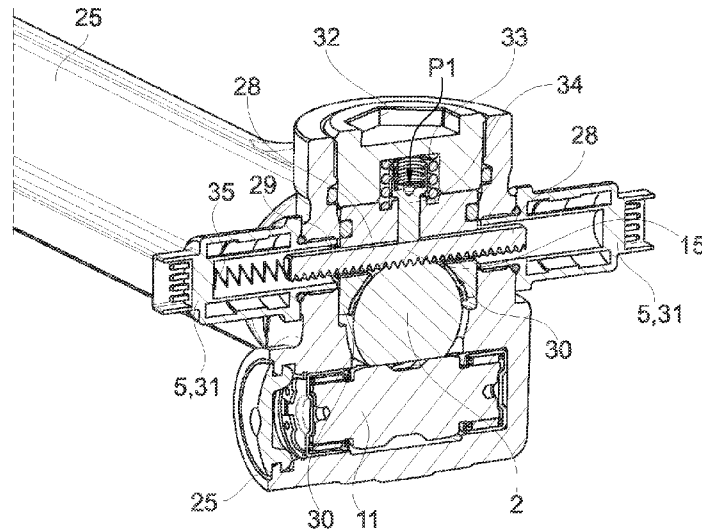


Fig. 9

(57) Abstract: The invention relates to a steering unit (1), in particular a steer-by-wire steering unit, for a vehicle, comprising: a steering rod (2) which is configured to be coupled at each of its axial ends to a wheel of the vehicle, wherein at least portions of the steering rod (2) have a sensor toothing system (15); an adjusting actuator (3) which is coupled to the steering rod (2) in such a way that a rotational movement of the adjusting actuator (3) brings about a translational movement of the steering rod (2) for changing the position of the steering rod (2) along a predetermined steering rod movement path (VWL); a sensor toothing device (4), at least portions of which have a mating toothing system which corresponds to the sensor toothing system (15) of the steering rod (2) and is in tooth engagement with the sensor toothing system (15) of the steering rod (2) in such a way that the translational movement of the steering rod (2) brings

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2025/119413 A1



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.

- (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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

about a change in the position of the sensor toothing device (4) along a predetermined sensor movement path, wherein relative sliding occurs in the tooth engagement between the sensor toothing device (4) and the sensor toothing system (15) of the steering rod (2), which relative sliding is greater than or equal to 80% of the translational movement of the steering rod (2); and a sensor device (5) for determining the position of the steering rod (2), which sensor device is configured to detect a position of the sensor toothing device (4) along the predetermined sensor movement path (15).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Lenkeinheit (1), insbesondere eine steer-by-wire Lenkeinheit, für ein Fahrzeug, aufweisend: eine Lenkstange (2), die dazu eingerichtet ist, an ihren axialen Enden jeweils mit einem Rad des Fahrzeugs gekoppelt zu sein, wobei die Lenkstange (2) zumindest abschnittsweise eine Sensor-Verzahnung (15) aufweist, einen Stellaktor (3), der mit der Lenkstange (2) derart gekoppelt ist, dass eine Rotationsbewegung des Stellaktors (3) eine Translationsbewegung der Lenkstange (2) zur Positionsänderung der Lenkstange (2) entlang eines vorbestimmten Lenkstangen-Verfahrwegs (VWL) bewirkt, eine Sensor-Verzahnungseinrichtung (4), die zumindest abschnittsweise eine zur Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) entsprechende Gegenverzahnung aufweist, die derart mit der Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) in Zahneingriff ist, dass die Translationsbewegung der Lenkstange (2) eine Positionsänderung der Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) entlang eines vorbestimmten Sensor-Verfahrwegs bewirkt, wobei im Zahneingriff zwischen der Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) und der Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) ein Relativgleiten auftritt, das gleich oder größer als 80% der Translationsbewegung der Lenkstange (2) ist, und eine Sensoreinrichtung (5) zur Positionsbestimmung der Lenkstange (2), die dazu eingerichtet ist, eine Position der Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) entlang des vorbestimmten Sensor-Verfahrwegs (15) zu erfassen.

Lenkeinheit für Fahrzeug

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lenkeinheit, insbesondere eine steer-by-wire

5 Lenkeinheit für ein Fahrzeug.

Stand der Technik

- 10 Heutzutage sind sowohl mechanische Lenksysteme bzw. Lenkeinheiten sowie sogenannte steer-by-wire Lenksysteme bzw. Lenkeinheiten bekannt. Dabei können die Lenksysteme in zwei Subsysteme unterteilt werden, das System der Lenkwelle mit einem Lenkelement, wie bspw. ein Lenkrad, das auch als „Hand Wheel Actuator“ (HWA) System bezeichnet wird, und das System des Lenkungsstellers zur Lenkung der Räder, das auch als „Road Wheel
- 15 Actuator“ (RWA) System bezeichnet wird. Bei den mechanischen Lenksystemen sind diese beiden Subsysteme über die Lenksäule und ggf. ein Lenkgetriebe mechanisch miteinander verbunden. Somit sind die beiden Subsysteme bei den mechanischen Lenksystemen direkt, also physisch, miteinander verbunden. Bei diesen mechanischen Lenksystemen ist somit eine Position des Lenkelements immer eineindeutig einer Position des Lenkungsstellers,
- 20 insbesondere einer Lenkstange, verknüpft. Das bedeutet, einer bestimmten Position des Lenkelements ist eine bestimmte Position der Lenkstange eineindeutig zugeordnet, sodass jeder Position der Lenkstange jeweils eine bestimmte Position des Lenkelements zugeordnet ist.
- 25 Bei den steer-by-wire Lenksystemen wird auf die mechanische Verbindung zwischen den beiden Subsystemen über die Lenksäule verzichtet und die Lenkung der Räder entsprechend einer Bewegung des Lenkelements wird durch Übermittlung entsprechender Signale zwischen den beiden Subsystemen HWA und RWA gesteuert. Anders gesagt, wird mit steer-by-wire Lenksystemen die physische Lenksäule, welche die Lenkbewegung oder
- 30 Fahrerwünsche vom Lenkrad direkt über Lenkgetriebe und Spurstange sowie Radträger auf das Rad überträgt, durch „by wire“, also Signalübertragung mittels Kabel, elektrisch redundant ersetzt. Dadurch ist eine Position des Lenkelements nicht länger physisch mit einer Position der Lenkstange gekoppelt, und eine solche eineindeutige Kopplung der Position des Lenkelements mit der Position der Lenkstange wird üblicherweise mit einer
- 35 Sensorik gelöst, die im RWA-System angeordnet ist und dazu dient, die Position der

Lenkstange zu ermitteln. Dabei sind verschiedene Sensorik-Anordnungen, wie z.B. aus der WO 2018/073267 A1, DE 11 2020 002 949 T5, DE 10 2021 212 470 A1, bekannt.

Es hat sich nunmehr herausgestellt, dass ein weiterer Bedarf besteht, eine bekannte
5 Vorrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange für eine Lenkeinheit, insbesondere eine steer-by-wire Lenkeinheit, eines Fahrzeugs zu verbessern. Insbesondere besteht ein weiterer Bedarf, eine Vorrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange bereitzustellen, die es ermöglicht, die Position der Lenkstange absolut zu bestimmen, und weiter insbesondere auch nachdem sich das Fahrzeug in einem abgeschalteten bzw. stromlosen
10 Zustand befand.

Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine verbesserte Vorrichtung zur Positionsbestimmung einer Lenkstange für eine Lenkeinheit, insbesondere eine steer-by-wire Lenkeinheit, eines Fahrzeugs bereitzustellen, die insbesondere eine
15 absolute, weiter insbesondere ständige, Bestimmung der Lenkstangenposition ermöglicht.

Offenbarung der Erfindung

20 Diese und andere Aufgaben, die beim Lesen der folgenden Beschreibung noch genannt werden oder vom Fachmann erkannt werden können, werden durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen.

25 Die erfindungsgemäße Lenkeinheit, insbesondere eine steer-by-wire Lenkeinheit, für ein Fahrzeug weist eine Lenkstange, einen Stellaktor, eine Sensor-Verzahnungseinrichtung und eine Sensoreinrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange. Die Lenkstange ist dazu eingerichtet, an ihren axialen Enden jeweils mit einem Rad des Fahrzeugs gekoppelt zu sein, und weist zumindest abschnittsweise eine Sensor-Verzahnung auf. Der Stellaktor ist mit der
30 Lenkstange derart gekoppelt, dass eine Rotationsbewegung des Stellaktors eine Translationsbewegung der Lenkstange entlang ihrer Längsachse zur Positionsänderung der Lenkstange entlang eines vorbestimmten Lenkstangen-Verfahrwegs bewirkt. Die Sensor-Verzahnungseinrichtung, weist zumindest abschnittsweise eine zur Sensor-Verzahnung der Lenkstange entsprechende Gegenverzahnung auf, die derart mit der Sensor-Verzahnung
35 der Lenkstange in Zahneingriff ist, dass die Translationsbewegung der Lenkstange entlang ihrer Längsachse eine Positionsänderung der Sensor-Verzahnungseinrichtung entlang eines

vorbestimmten Sensor-Verfahrwegs bewirkt. Dabei tritt im Zahneingriff zwischen der Sensor-Verzahnungseinrichtung und der Sensor-Verzahnung ein Relativgleiten auf, das gleich oder größer als 80% des Lenkstangen-Verfahrwegs ist. Die Sensoreinrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange ist dazu eingerichtet, eine Position und/oder eine Positionsänderung des Sensor-Verzahnungseinrichtung entlang des vorbestimmten Sensor-Verfahrwegs zu erfassen.

Die Sensor-Verzahnungseinrichtung und/oder die Sensor-Verzahnung an der Lenkstange weisen insbesondere jeweils eine Zahnhöhe von kleiner als 3 mm, weiter insbesondere von kleiner als 2 mm, auf, wobei die Zahnhöhe von einem Zahnkopf bis zu einem Zahnfuß definiert ist. Darüber hinaus weist der Zahneingriff insbesondere einen Zahneingriffswinkel von größer als 25° auf.

Die Sensor-Verzahnung ist insbesondere nur an lokalen Zonen, also abschnittsweise, an der Lenkstange vorgesehen, insbesondere außerhalb sonstiger, an der Lenkstange vorgesehenen Gleit- und/oder Wälzzonen. In Bezug auf den Umfang der Lenkstange bzw. einer Mantelfläche der Lenkstange gesehen, kann die Sensor-Verzahnung abschnittsweise oder vollständig umlaufend, insbesondere helix-förmig schraubend, vorgesehen sein.

Das Relativgleiten von größer als 80% des vorbestimmten Sensor-Verfahrwegs ermöglicht einen Zahneingriff mit einem geringen Reibwiderstand, weil eine Andruckkraft der Sensor-Verzahnungseinrichtung gering ist. Dadurch können Reibkraft, Reibenergie und/oder Reibverschleiß reduziert werden.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung liegt insbesondere darin, dass die Bewegung der Lenkstange entlang ihrer Längsachse mit einer hohen Genauigkeit erfasst wird. Dabei ist der erforderliche Messweg, hier der maximale Sensor-Verfahrweg, den die Sensor-Verzahnungseinrichtung zurücklegen können muss, um die Position, insbesondere die Absolutposition, der Lenkstange bestimmen zu können, kleiner ist als der maximale Verfahrweg, den die Lenkstange zurücklegen kann. Dabei ist der maximale Verfahrweg als ein Weg definiert, den die Lenkstange zurücklegt, wenn sie von einer maximal ausgelenkten Position der Räder, z.B., maximal mögliche Schrägstellung der Räder nach links, zu einer anderen maximalen ausgelenkten Position der Räder, z.B., maximal mögliche Schrägstellung der Räder nach rechts, entlang ihrer Längsachse bewegt wird. Dadurch ist eine Positionsbestimmung der Lenkstange, insbesondere eine absolute

Positionsbestimmung der Lenkstange, mit reduziertem Bauraum, insbesondere im Vergleich zu direkt messenden linearen Wegsensoren, möglich.

Man kann also sagen, dass die Sensoreinrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange, insbesondere der absoluten Position der Lenkstange, im Allgemeinen selbstständig arbeitet und die Position der Lenkstange mit ausreichend hoher Genauigkeit, Auflösung und Ausfallsicherheit im Wesentlichen allein bestimmen und als Ausgabesignal ausgeben kann.

Darüber hinaus ist es jedoch auch möglich, das Ausgabesignal der Sensoreinrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange mit einem weiteren Signal, insbesondere dem Signal eines Rotorlagesensors aus dem Stellaktor, zu kombinieren. Der Rotorlagesensor liefert in der Regel ein hoch präzises Signal entsprechend eines elektrischen oder mechanischen Winkels des Rotors, welches zur Ansteuerung des Stellaktors, insbesondere in Form eines Elektromotors, erforderlich ist. Der Winkel des Rotors verhält sich hochübersetzt proportional zur Position der Lenkstange, insbesondere üblicherweise etwa 2-5 mm/U, lässt aber – für sich allein betrachtet – keine Bestimmung der Absolutposition der Lenkstange zu, da der Winkel des Rotors über den gesamten Verfahrensweg der Lenkstange, der auch als Lenkstangenverfahrensweg bezeichnet werden kann, mehrere vollständige Umdrehungen durchführt, z.B. in der Größenordnung von etwa 20-100 Umdrehungen. In Kombination mit der Sensoreinrichtung der vorstehend beschriebenen, insbesondere erfindungsgemäßen, Lenkeinheit ist nun eine genaue Positionsbestimmung der Lenkstange, insbesondere der Absolutposition der Lenkstange möglich, wobei die Sensoreinrichtung hierbei lediglich eine niedrige Auflösung bzw. Genauigkeit aufweisen muss, da die Sensoreinrichtung nur eine grobe Bestimmung der Positionsbestimmung der Lenkstange durchführen muss, während der Rotorlagesensor die hohe Auflösung bzw. Genauigkeit, sozusagen die Nachkommastellen, liefert. Eine solche Kombination kann es ermöglichen, die Auflösung und die Genauigkeit weiter zu verbessern.

So können die Kosten für die Sensoreinrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange, und somit für die Lenkeinheit, reduziert werden, da die an die Sensoreinrichtung gestellten Anforderungen geringer sind als in einem Fall, in dem die Sensoreinrichtung allein, also selbstständig, die hohe Genauigkeit bzw. Auflösung liefern muss. Selbst in einem Fall, in dem der Rotorlagesensor während des Betriebs ausfällt, ist es möglich, den Stellaktor behelfsmäßig anhand des Signals der Sensoreinrichtung zu regeln, auch wenn die Auflösung bzw. Genauigkeit der Sensoreinrichtung bezogen auf den Winkel des Rotors des Stellaktors eher gering ist. Umgekehrt ist es auch möglich, einen Ausfall der

Sensoreinrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange während des Betriebs durch ein inkrementelles „Mitzählen“ des Signals des Rotorlagesensors behelfsmäßig zu kompensieren, insbesondere zumindest so lange, solange eine Bestromung des Rotorlagesensor und ggf. einem zugehörigen Steuergerät, sichergestellt ist.

5

Darüber hinaus kann eine ständige Überwachung des Signals des Rotorlagesensors und des Signals der Sensoreinrichtung zur Positionsbestimmung der Lenkstange es ermöglichen, unplausible Diskrepanzen in den Signalen zu erkennen, die bspw. auf einen Riemensprung und/oder Verschleiß am Riemen hinweisen können. So kann ein beginnender Ausfall der Mechanik frühzeitig erkannt werden.

10

Ferner ist es denkbar die Position der Lenkstange, insbesondere die Absolutposition der Lenkstange, mit Hilfe des Nonius-/Vernier-Prinzips zu bestimmen. Hierbei ist es denkbar, die Sensoreinrichtung zur Positionsbestimmung nicht zur Bestimmung der Absolutposition der Lenkstange auszuführen, sondern so, dass sie nur einen kleinen, insbesondere hochaufgelösten, Messbereich auf der Lenkstange abdeckt, der sich über den gesamten Fahrweg der Lenkstange periodisch wiederholt. Die Periodenlänge ist insbesondere so zu wählen, dass sie sich nur geringfügig von der des Rotorlagesensors unterscheidet und die Differenz bzw. Phasenverschiebung zwischen den Signalen jederzeit eine eindeutige Bestimmung der Position, insbesondere der Absolutposition, der Lenkstange zulässt. Dadurch können die Anforderungen in Bezug auf die Erfassungsgenauigkeit der Sensoreinrichtung reduziert werden, da ein deutlich kleinerer Messbereich abgedeckt werden muss, dafür diesen aber mehrmals aneinandergereicht. Hierfür eignen sich insbesondere induktive Sensoreinrichtungen.

15

20

25

Gemäß einer Ausführungsform weist die Sensor-Verzahnung der Lenkstange einen Schrägungswinkel von etwa 45° bis 85° , insbesondere von etwa 65° bis 85° , weiter insbesondere von etwa 80° , auf. Damit ist die Sensor-Verzahnung quasi längs der Lenkstange statt, wie die üblichen Zahnstangenverzahnungen, quer zur Spindel, orientiert. Eine solche Schrägstellung der Zähne unterstützt das Relativgleiten der Sensor-Verzahnungseinrichtung relativ zur Sensor-Verzahnung.

30

Gemäß einer Ausführungsform weist die Lenkeinheit ferner eine Lagerungseinheit zur radialen Lagerung der Lenkstange auf. Die Lagerungseinheit ist dazu eingerichtet, ein Durchbiegen der Lenkstange in radialer Richtung und/oder ein Rotieren der Lenkstange um die eigene Längsachse zu reduzieren oder gar zu verhindern, wobei eine Linearbewegung

35

der Lenkstange entlang ihrer Längsachse weiterhin möglich ist. Insbesondere ist die Lagerungseinheit an einem abgeflachten Abschnitt der Lenkstange angeordnet. Die Anordnung an einem abgeflachten Abschnitt der Lenkstange ermöglicht eine einfache, und somit kostengünstige Umsetzung der Lagerungseinheit, da ein abgeflachter Abschnitt
5 insbesondere die Umsetzung einer Verdrehsicherung vereinfacht.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Lagerungseinheit ein Druckstück und eine Andrückrolle, die einander gegenüberliegend, die Lenkstange zwischen sich in Längsrichtung bewegbar führend, angeordnet sind. Das Druckstück dient in der Regel dazu,
10 ein Rotieren der Lenkstange um die eigene Längsachse zu verhindern. Die Andrückrolle ist in der Regel dazu eingerichtet, ein radiales Durchbiegen der Lenkstange, insbesondere im Bereich des Druckstücks zu reduzieren oder gar zu verhindern, um einen die Lenkstange führenden Kontakt mit dem Druckstück sicherzustellen.

15 Gemäß einer Ausführungsform ist die Sensor-Verzahnung der Lenkstange im Wesentlichen eben ausgebildet. Dadurch kann die Herstellung der Sensor-Verzahnung vereinfacht werden, weil die Lenkstange zum Herstellen, insbesondere durch Spanen, nicht rotiert werden muss.

20 Gemäß einer Ausführungsform weist die Sensor-Verzahnungseinrichtung zumindest ein Stirnrad auf, das dazu eingerichtet ist, über den gesamten Lenkstangen-Verfahrweg um einen bestimmten Winkel, insbesondere kleiner als 360° , zu rotieren. Hierbei entspricht die Rotation des Stirnrads dem Sensor-Verfahrweg. Der Rotationswinkel des Stirnrads wird durch die Sensoreinrichtung, bspw. durch Erfassen eines Sensortargets, welches drehfest
25 an dem Stirnrad angebracht ist, erfasst und kann einer Position der Lenkstange eineindeutig zugeordnet werden. Eineindeutig meint hier, dass jeder Winkelposition des Stirnrads nur eine einzige Position der Lenkstange zugeordnet ist, sodass die Position der Lenkstange aus der erfassten Winkelposition einfach bestimmt werden kann. Eine Rotation um weniger als 360° über den gesamten Verfahrweg der Lenkstange ermöglicht hierbei die Verwendung von
30 einfachen, und somit kostengünstigen Sensoren. Bei Rotationen von gleich oder mehr als 360° über den gesamten Verfahrweg der Lenkstange werden in der Regel sogenannte Multiturn-Sensoren verwendet, um eine eineindeutige Zuordnung zwischen dem Rotationswinkel und der Position der Lenkstange zu ermöglichen.

35 Darüber hinaus ist es auch denkbar, dass die Sensor-Verzahnungseinrichtung zwei oder mehr Stirnräder aufweist, die alle mit derselben Sensor-Verzahnung in Zahneingriff sind,

oder die Lenkstange mehrere Sensor-Verzahnungsabschnitte aufweist, und die zwei oder mehr Stirnräder jeweils mit einem dieser mehreren Sensor-Verzahnungsabschnitte in Zahneingriff sind. Die Stirnräder können hierbei alle dieselbe Konfiguration oder voneinander verschiedenen Konfigurationen, insbesondere eine Zähnezahl und/oder einen

5 Schrägungswinkel betreffend, aufweisen.

Gemäß einer Ausführungsform ist das Stirnrad vorgespannt montiert und/oder eine Verzahnung des Stirnrads weist einen Schrägungswinkel von bis zu etwa 45° auf. Darüber hinaus ist das Stirnrad insbesondere axial und/oder radial gleit- oder wälzgelagert montiert.

10 Das Stirnrad ist insbesondere gegen die Lenkstange vorgespannt, weiter insbesondere mit einer Vorspannkraft, die größer als 100N ist, um sicherzustellen, dass der Zahneingriff zwischen dem Stirnrad und der Sensor-Verzahnung der Lenkstange unter allen Betriebsbedingungen spielfrei ist. Insbesondere sind die Zähne der Verzahnung an dem Stirnrad mit einem Schrägungswinkel von bis zu etwa 45° ferner konisch oder kegelig oder
15 mit einer anderen Zahnradschrägung ausgeführt. Dabei ist eine Rotationsachse des Stirnrads nahezu parallel, insbesondere im Wesentlichen parallel, zur Längsachse der Lenkstange orientiert. Alternativ kann die Rotationsachse des Stirnrads auch in einem Winkel von bis zu 45° , insbesondere von kleiner als 45° gegenüber der Längsachse der Lenkstange geneigt orientiert sein, wodurch ein geradverzahntes Stirnrad verwendet werden
20 kann.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Sensor-Verzahnungseinrichtung als ein zweistufiges Stirnradgetriebe ausgebildet, das zwei miteinander in Zahneingriff stehende Zahnräder aufweist, wobei ein erstes Zahnrad des zweistufigen Stirnradgetriebes ferner mit der Sensor-

25 Verzahnung der Lenkstange in Zahneingriff ist, und das Stirnradgetriebe ein solches Übersetzungsverhältnis aufweist, dass ein zweites Zahnrad des Stirnradgetriebes über den gesamten Lenkstangen-Verfahrweg um einen vorbestimmten Winkel, insbesondere kleiner als 360° , rotiert. Mit einem solchen Stirnradgetriebe ist es möglich, die Sensor-Verzahnung an der Lenkstange als eine Geradverzahnung auszuführen, was die Herstellung der Sensor-
30 Verzahnung vereinfacht. Somit können dann auch das erste Zahnrad und das zweite Zahnrad geradverzahnt ausgeführt sein und die Rotationsbewegung des zweiten Zahnrads über den gesamten Verfahrweg der Lenkstange wird im Wesentlichen durch ein Übersetzungsverhältnis zwischen dem ersten Zahnrad und dem zweiten Zahnrad definiert. Das bedeutet, die Rotationsbewegung des zweiten Zahnrads entspricht hier dem Sensor-
35 Verfahrweg.

Der Rotationswinkel des zweiten Zahnrad wird – analog zum vorstehend beschriebenen Stirnrad – durch die Sensoreinrichtung, bspw. durch Erfassen eines Sensortargets, welches drehfest an dem zweiten Zahnrad angebracht ist, erfasst und kann einer Position der Lenkstange eineindeutig zugeordnet werden. Eineindeutig meint hier, dass jeder

- 5 Winkelposition nur eine einzige Position der Lenkstange zugeordnet ist, sodass die Position der Lenkstange aus der erfassten Winkelposition einfach bestimmt werden kann. Eine Rotation um weniger als 360° über den gesamten Verfahrweg der Lenkstange ermöglicht hierbei die Verwendung von einfachen, und somit kostengünstigen Sensoren. Bei Rotationen von gleich oder mehr als 360° über den gesamten Verfahrweg der Lenkstange werden in der
- 10 Regel sogenannte Multiturn-Sensoren verwendet, um eine eineindeutige Zuordnung zwischen dem Rotationswinkel und der Position der Lenkstange zu ermöglichen.

Gemäß einer Ausführungsform ist das Stirnradgetriebe, insbesondere abtriebsseitig, vorgespannt montiert. Dadurch kann ein spielfreier Zahneingriff zwischen dem

- 15 Stirnradgetriebe und der Lenkstange sichergestellt werden. Zum Beispiel kann das zweite Stirnrad mittels einer Spiralfeder vorgespannt sein. Alternativ kann das zweite Zahnrad zweiteilig ausgeführt sein, wobei die beiden Teile des zweiten Zahnrad gegeneinander verspannt montiert werden. Die abtriebsseitige Vorspannung ermöglicht es, dass auch bei einem Richtungswechsel immer die gleiche Flanke in Zahnkontakt bleibt, wodurch die
- 20 Vorspannung weniger empfindlich gegenüber Toleranzen, insbesondere Fertigungstoleranzen, ist. Mit anderen Worten kann man sagen, dass die Vorspannung rotatorisch, insbesondere über den Drehwinkel des zweiten Zahnrad, oder über den radialen Abstand des zweiten Zahnrad zur Lenkstange erfolgen kann. Zusätzlich oder alternativ kann die Verzahnung des ersten Zahnrad einen Schrägungswinkel von bis zu
- 25 etwa 45° aufweisen.

Gemäß einer Ausführungsform weist die Sensor-Verzahnungseinrichtung zumindest ein innenverzahntes Hohlrad auf, das, insbesondere nicht coaxial, um die Lenkstange rotierbar angeordnet ist, wobei eine Innenverzahnung des Hohlrad mit der Sensor-Verzahnung der

30 Lenkstange in Zahneingriff ist, und wobei das Hohlrad dazu eingerichtet ist, über den gesamten Lenkstangen-Verfahrweg um einen vorbestimmten Winkel, insbesondere kleiner als 360° , zu rotieren. Somit entspricht auch in dieser Ausführungsform die Rotationsbewegung des Hohlrad dem Sensor-Verfahrweg. Die Ausführung als ein innenverzahntes Hohlrad ermöglicht die Lagerung innerhalb des Gehäuses, insbesondere

35 gleit- oder wälzgelagert, und somit eine besonders bauraumsparende Umsetzung der Sensor-Verzahnungseinrichtung. Darüber hinaus kann das innenverzahnte Hohlrad eine

hohe Zähnezahl aufweisen, wodurch eine hohe Überdeckung umgesetzt wird, die einen sicheren Kontakt zwischen der Sensor-Verzahnungseinrichtung und der Sensor-Verzahnung ermöglicht. Darüber hinaus kann das Hohlrad aus einem Kunststoff, wie einen sortenreinen Kunststoff, einen Kunststoffgemisch oder einem faserverstärkten Kunststoff oder -gemisch, hergestellt sein, wobei das Hohlrad – analog zu den vorstehend beschriebenen Stirnrädern, ein Sensortarget aufweist, das drehfest an dem Hohlrad angeordnet ist, und dazu eingerichtet ist, von der Sensoreinrichtung erfasst zu werden.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Sensor-Verzahnung spiralförmig an der Mantelfläche der Lenkstange ausgebildet. Insbesondere ist die Sensor-Verzahnung die Mantelfläche helixförmig schraubend umlaufend ausgebildet. Dabei sind Rillen der Sensor-Verzahnung sehr lang ausgebildet, da sie fast längs der Lenkstange verlaufen.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Sensor-Verzahnungseinrichtung eine, insbesondere schrägverzahnte, Zahnstange, die mit der Sensor-Verzahnung der Lenkstange in Zahneingriff ist, wobei die Zahnstange im Wesentlichen rechtwinklig bzw. orthogonal zur Lenkstange angeordnet ist. Somit wird eine Bewegung der Lenkstange entlang ihrer Längsachse in eine dazu orthogonal bzw. tangential verlaufende Längsbewegung der Zahnstange umgewandelt. Durch eine Wahl eines Übersetzungsverhältnisses zwischen der Verzahnung der Zahnstange und der Sensor-Verzahnung der Lenkstange kann eine Länge des gesamten Sensor-Verfahrwegs beeinflusst werden. Der Sensor-Verfahrweg entspricht in dieser Ausführungsform der Längsbewegung der Zahnstange. Rein mathematisch ergibt sich bei der rechtwinklig zur Lenkstange angeordneten Zahnstange ein Relativgleiten, also ein Schlupf, von über 100%, welcher durch eine leichte Schrägstellung, also eine nicht senkrechte, insbesondere windschiefe, Orientierung zur Längsachse der Lenkstange, der Zahnstange auf weniger als 100% reduziert werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Zahnstange in oder nahe der Lagerungseinheit zur radialen Lagerung der Lenkstange angeordnet. Die Anordnung der Zahnstange in, insbesondere kombiniert mit der im Wesentlichen zur Lenkstangenbewegung rechtwinkligen Orientierung der Zahnstange, kann eine Verfälschung des von der Sensoreinrichtung erfassten Messwerts durch Verformung der Lenkstange nahezu vermieden werden. Bei einer Anordnung der Zahnstange nahe, jedoch neben der Lagerungseinheit, kann eine solche Verfälschung insbesondere gering gehalten werden. Insbesondere kann die Zahnstange im Druckstück der Lagerungseinheit angeordnet bzw. gelagert sein, wobei die Zahnstange im mittleren Bereich des Druckstücks mit der Lenkstange in Kontakt steht. Im mittleren Bereich

trägt das Druckstück, insbesondere ein Gleitlager des Druckstücks, nicht, d.h., in diesem Bereich wird keine Last von der Lenkstange aufgenommen, und deshalb kann dieser Bereich ausgespart und zur Lagerung der Zahnstange genutzt werden. Darüber hinaus liegt das Druckstück durch Federkraft immer an der Lenkstange an, wodurch so auch bei äußerer

5 Krafteinwirkung bzw. Durchbiegung der Lenkstange eine Verfälschung des Messwerts bzw. des Messsignals vermieden werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform sind die Zahnstange und die Sensor-Verzahnung der Lenkstange derart in Zahneingriff, dass ein gesamter Zahnstangen-Verfahrweg kleiner ist als

10 der gesamte Verfahrweg der Lenkstange. Das bedeutet, dass ein Übersetzungsverhältnis zwischen der Zahnstange und der Sensor-Verzahnung so gewählt ist, dass der gesamte Zahnstangen-Verfahrweg, also der Sensor-Verfahrweg, kleiner ist als der gesamte Verfahrweg der Lenkstange entlang ihrer Längsachse. Die kleinere bzw. kürzere Bewegung der Zahnstange vereinfacht die Positionsbestimmung der Lenkstange durch die

15 Sensoreinrichtung, da die kleinere Bewegung einfacher messbar ist. Insbesondere beträgt der Zahnstangen-Verfahrweg weniger als ein Drittel des Verfahrwegs der Lenkstange.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Zahnstange relativ zur Lagerungseinheit axial verschiebbar angeordnet. Die axiale Relativbewegung gegenüber der Lagerungseinheit

20 ermöglicht die rechtwinklige Relativbewegung der Zahnstange gegenüber der Lenkstange, wenn die Lenkstange entlang ihrer Längsachse bewegt wird.

Gemäß einer Ausführungsform weist die Sensoreinrichtung einen Induktivsensor, einen xMR-Sensor oder einen Hallsensor auf. Die Sensorart kann von den Einsatzbedingungen

25 abhängen, wie bspw. Umweltbeeinflussung, Störungen etc. Die Art des Targets wird im Allgemeinen in Abhängigkeit der Sensorart der Sensoreinrichtung gewählt. Mit der Bezeichnung „xMR-Senor“ sind jegliche magnetoresistive (MR) Sensoren, wie bspw. GMR, TMR, AMR etc. zusammengefasst zu verstehen. Mit anderen Worten kann man sagen, dass das „x“ ein Platzhalter für die verschiedenen Arten der magnetoresistiven Sensoren ist.

Gemäß einer Ausführungsform weist die Sensoreinrichtung zumindest einen Tauchspulensensor auf, der an einem axialen Ende der Zahnstange, die Zahnstange umgebend angeordnet ist. Der Tauchspulensensor ist ein Beispiel für einen induktiven Sensor. Insbesondere weist die Sensoreinrichtung zwei Tauchspulensensoren auf, von

35 denen je einer an je einem axialen Ende der Zahnstange, die Zahnstange umgebend angeordnet ist. Hierfür weisen zumindest die axialen Enden der Zahnstange ein metallisches

Material, z.B., Eisen oder Stahl auf. Weiter insbesondere sind die außenliegend angeordneten Tauchspulensensoren mit dem Druckstück der Lagerungseinheit verbunden, sodass die Tauchspulensensoren jede Bewegung des Druckstücks, z.B. aufgrund äußerer Kräfte auf die Lenkstange mitmachen, und so Verfälschungen des Messwerts bzw. des Messsignals aufgrund einer Verschiebung der Relativposition der Zahnstange zu den Tauchspulensensoren vermieden werden.

Alternativ, wie vorstehend bereit erwähnt, sind auch andere Sensorarten, z.B. kapazitive, magnetische, resistive, etc. Sensoren, denkbar.

Allgemein kann die Zahnstange zumindest mehrheitlich aus einem Kunststoff, wie einem sortenreinen Kunststoff, einem Kunststoffgemisch oder einem faserverstärkten Kunststoff oder -gemisch, ausgebildet sein, wodurch Kosten und/oder Gewicht der Zahnstange gegenüber einer aus Metall hergestellten Zahnstange reduziert werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform ist die Zahnstange in axialer Richtung und/oder in radialer Richtung vorgespannt angeordnet. Dadurch ist die Zahnstange parallel und/oder orthogonal zur Lenkstange vorgespannt und somit spielfrei angeordnet. Insbesondere bei großen Übersetzungsverhältnissen zwischen der Zahnstange und der Sensor-Verzahnung können schon kleine Abweichungen der Zahnstangenbewegung bzw. -position zu großen Messfehlern führen, die durch den spielfreien Zahneingriff zwischen der Zahnstange und der Sensor-Verzahnung der Lenkstange reduziert oder gar verhindert werden können.

Detailbeschreibung anhand Zeichnung

Weitere die Erfindung verbessernde Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 schematische Darstellungen einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer perspektivischen Ansicht (a), einer Seitenansicht (b) einer Ansicht von oben (c), und einer perspektivischen vergrößerten Ausschnittansicht (d),

Fig. 2 eine schematische, vergrößerte Darstellung eines Teilausschnitts einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer Ansicht von vorne,

Fig. 3 schematische, vergrößerte Darstellungen eines Teilausschnitts einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer Seitenansicht (a) und einer Ansicht von oben (b),

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer Seitenansicht,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 6 schematische Darstellungen einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer perspektivischen Ansicht (a) und einer Seitenansicht (b),

Fig. 7 eine schematische, vergrößerte Darstellung eines Teilausschnitts einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer Ansicht von vorne,

Fig. 8 eine schematische Teildarstellung einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 9 eine schematische Querschnittsdarstellung einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 10 eine schematische Teildarstellung einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer perspektivischen Ansicht, und

Fig. 11 eine schematische Längsschnittsdarstellung einer Lenkeinheit gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

Die Figuren sind lediglich schematischer Natur und dienen nur dem Verständnis der Erfindung. Die gleichen Elemente sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 bis Fig. 11 zeigen alle schematisch und beispielhaft eine Lenkeinheit 1 oder Teilabschnitte der Lenkeinheit 1 gemäß verschiedener Ausführungsformen der Erfindung. Auch wenn nicht für jede Ausführungsform immer alles gezeigt ist, weist die Lenkeinheit 1 gemäß aller gezeigten, beispielhaften Ausführungsformen eine Lenkstange 2, einen Stellaktor 3 (siehe beispielhaft Fig. 8), eine Sensor-Verzahnungseinrichtung 4, und eine Sensoreinrichtung 5 zur Positionsbestimmung der Lenkstange (siehe beispielhaft Fig. 8 und Fig. 9) auf. Die in den Fig. 1 bis Fig. 11 gezeigten Ausführungsformen unterscheiden sich im

Wesentlichen in der Ausgestaltung und dem Messprinzip der Sensor-Verzahnungseinrichtung 4. So können die Ausführungsformen grob nach dem Messprinzip zur Positionsbestimmung der Lenkstange 2 in ein rotatives Messprinzip (Fig. 1 bis Fig 7) und ein translatorisches Messprinzip (Fig. 8 bis Fig. 11) unterteilt werden.

5

Fig. 1 bis Fig. 3 zeigen eine Lenkeinheit 1 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung in verschiedenen Ansichten. Die Lenkstange 2 gemäß der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform weist einen Spindelabschnitt 6 und einen einseitig abgeflachten Abschnitt 7 auf. Der Spindelabschnitt 6 weist eine Schraubkontur 8 mit einer typischen Ganghöhe von etwa 8 mm auf, und ist Teil eines Kugelgewindetriebs (nicht gezeigt), der dazu dient, die Rotationsbewegung des Stellaktors 3 in eine Translationsbewegung der Lenkstange 2 entlang ihrer Längsachse L umzuwandeln. An dem abgeflachten Abschnitt 7 ist eine Lagerungseinheit 9 angeordnet, die ein Druckstück 10 (in Fig. 1(d) nicht dargestellt) und eine Andrückrolle 11 umfasst. Der abgeflachte Abschnitt 7 weist mehrere über den Umfang verteilte Funktionszonen auf. So ist bspw. ein Teilkreisabschnitt 12 der Lenkstange 2, an dem das Druckstück 10 angeordnet ist, als eine Gleitfläche ausgebildet, über die die Lenkstange 2 relativ zum Druckstück 10 entlang ihrer Längsachse L axial verschiebbar angeordnet ist. Ein der Gleitfläche gegenüberliegend angeordneter Abschnitt 13, der hier einseitig abgeflacht ausgeführt ist, dient unter anderem als eine Wälzfläche 14 (siehe insbesondere Fig. 1(d)), an der die Andrückrolle 11 abwälzt, um eine Rotation der Lenkstange 2 um ihre Längsachse L zu verhindern (siehe auch Fig. 2).

Darüber hinaus weist der Abschnitt 13 ferner eine Sensor-Verzahnung 15 auf, die als eine starke Schrägverzahnung mit einem Schrägungswinkel β von etwa 80° (siehe Fig. 3(b)) ausgebildet ist. Insbesondere kann die Sensor-Verzahnung 15 einen Schrägungswinkel β von etwa 60° bis etwa 85° aufweisen. Ein solch starke Schrägstellung der Sensor-Verzahnung 15 ermöglicht bzw. bewirkt, dass die Sensor-Verzahnungseinrichtung 4, die mit der Sensor-Verzahnung 15 der Lenkstange 2 in Eingriff ist, in diesem Zahneingriff eher gleitet, statt zu wälzen. Insbesondere ist hier ein Relativgleiten von mehr als 80% möglich, insbesondere sogar erwünscht.

In der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform ist die Andrückrolle 11 im Bereich der Sensor-Verzahnung 15 ausgespart, sodass die Sensor-Verzahnung 15 bei einer Bewegung der Lenkstange 2 entlang ihrer Längsachse L sozusagen unter der Andrückrolle 11 hindurchtauchen kann. Damit berührt die Andrückrolle 11 die Sensor-Verzahnung 15 nicht, wodurch eine Abnutzung der Sensor-Verzahnung 15 durch einen Wälzkontakt mit der

35

Andrückrolle 11 vermieden wird. Grundsätzlich kann die Sensor-Verzahnung 15 auch in anderen Bereichen des Abschnitts 13 ausgebildet sein (siehe z.B. Fig. 4 oder Fig. 6). Wie insbesondere in Fig. 1(b) und Fig. 1(c) zu erkennen, ist es möglich, dass eine herstellungsbedingte Auslaufzone 19 eines für die Herstellung der Sensor-Verzahnung 15 erforderlichen Rollwerkzeugs in den Spindelabschnitt 6 hineinragt. Genauer gesagt, können sich eine Auslaufzone 20 der am Spindelabschnitt 6 ausgebildeten Schraubkontur 8 und die Auslaufzone 19 der Sensor-Verzahnung 15 überlappen. Darüber hinaus ist es sogar denkbar, dass sich eine Betriebszone der Sensor-Verzahnung 15 mit der Auslaufzone 20 der Schraubkontur 8 überlappt, vorausgesetzt das Stirnrad 16 ist entsprechend breit, z.B., 20 mm bei etwa 8 mm Ganghöhe, ausgebildet.

Die Sensor-Verzahnungseinrichtung 4 ist in der in Fig. 1 bis Fig. 3 gezeigten Ausführungsform als ein schrägverzahntes Stirnrad 16 ausgebildet, das mit der Sensor-Verzahnung 15 der Lenkstange 2 derart in Zahneingriff ist, dass es bei einer Bewegung der Lenkstange 2 entlang ihrer Längsachse L um eine Rotationsachse R (siehe insbesondere Fig. 3(a)) rotiert. Die Rotationsachse R ist hier nahezu parallel zur Längsachse L der Lenkstange 2 orientiert. Ein Schrägungswinkel der Schrägverzahnung des Stirnrads 16, das auch als Sensorrad 17 bezeichnet werden kann, beträgt hier beispielhaft etwa 45°. An dem Stirnrad 16 ist drehfest ein Sensortarget 18, bspw. ein Magnet, angeordnet. Das Sensortarget 18 ist dazu eingerichtet, von der Sensoreinrichtung 5 (in Fig. 1 bis Fig. 3 nicht dargestellt, aber bspw. als ein Sensor-PCB oder Sensorchip ausgebildet und dem Sensortarget 18 gegenüberliegend angeordnet) erfasst zu werden. Da das Sensortarget 18 zusammen mit dem Stirnrad 16 rotiert, erfasst die Sensoreinrichtung 5 über das Sensortarget 18 eine Drehbewegung bzw. einen Rotationswinkel des Stirnrads 16, basierend auf dem die Position der Lenkstange 2 bestimmt werden kann. Insbesondere ist der Zahneingriff zwischen dem Stirnrad 16 und der Sensor-Verzahnung 15 so gewählt, dass das Stirnrad 16 über den gesamten Fahrweg der Lenkstange 2 um weniger als 360° rotiert. Dies ermöglicht die Verwendung von einfachen und kostengünstigen Sensoren für die Sensoreinrichtung 5 zur Positionsbestimmung der Lenkstange 2.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform der Lenkeinheit 1, in der die Sensor-Verzahnung 15 zwischen dem als Gleitzone für das Druckstück 10 ausgebildeten Teilkreisabschnitt 12 und der Wälzfläche 14 für die Andrückrolle 11, beidseitig angeordnet bzw. ausgebildet ist. Da die Sensor-Verzahnung 15 nicht an der Wälzfläche 14 angeordnet ist, muss die Andrückrolle 11 auch nicht ausgespart ausgebildet sein. Ferner weist die Sensoreinrichtung 5 hier mehrere, beispielhaft drei, Stirnräder 16 auf, die jeweils als Sensorräder 17 dienen. Dadurch wird eine

Redundanz erzeugt, die eine Absicherung im Falle eines Ausfalls oder Defekts eines der Sensorräder 17 ermöglicht. Die mehreren Sensorräder 17 müssen nicht identisch sein, sondern können z.B. unterschiedliche Zähnezahlen aufweisen.

5 Die Lagerungseinheit 9 weist, wie hier dargestellt, ein Druckstück 10 und eine Andrückrolle 11 auf, wobei das Druckstück 10 hier beispielhaft als ein Gleitelement und die Andrückrolle 11 beispielhaft als ein Wälzelement ausgebildet sind. Es ist jedoch auch denkbar, dass sowohl das Druckstück 10 als auch die Andrückrolle als Gleitelemente, oder alternativ, beide als Wälzelemente ausgebildet sind. Ferner ist es denkbar, dass die Lagerungseinheit 9
10 weitere, zusätzliche Gleit- und oder Wälzelemente aufweist. Außerdem ist es denkbar, die Verdrehsicherung der Lenkstange 2, die hier mittels der Andrückrolle 11, die auf der Wälzfläche 13 wälzt, umgesetzt ist, stattdessen auch durch unrunde Gleitkonturen, sogenannte „V-grooves“ zu realisieren.

15 Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform der Lenkeinheit 1, bei der die Sensor-Verzahnungseinrichtung 4 als ein zweistufiges Stirnradgetriebe 21 ausgebildet ist. Das zweistufige Stirnradgetriebe 21 umfasst ein erstes Zahnrad 22 und ein zweites Zahnrad 23, die miteinander in einem vorbestimmten Übersetzungsverhältnis in Zahneingriff sind. Das erste Zahnrad 22 ist ferner mit der Sensor-Verzahnung 15 der Lenkstange 2 im Zahneingriff
20 und das zweite Zahnrad 23 fungiert als das Sensorrad 17. Aufgrund der Übersetzung zwischen dem ersten Zahnrad 22 und dem zweiten Zahnrad 23 kann das erste Zahnrad 22 über den gesamten Verfahrweg VWL der Lenkstange 2, also von der in Fig. 5 ganz linken Position des ersten Zahnrads 22 (markiert mit 22') zu der ganz rechten Position des ersten Zahnrads (markiert mit 22''), insbesondere mehrere 360°-Rotationen durchlaufen, da die
25 Übersetzung zwischen dem ersten Zahnrad 22 und dem zweiten Zahnrad 23 so gewählt werden kann, dass der gesamte Verfahrweg der Lenkstange 2 in eine Rotation des als Sensorrad 17 ausgebildeten zweiten Zahnrads 23 von weniger als 360° übersetzt wird. Wie vorstehend beschrieben, ermöglicht dies die Verwendung von einfachen und kostengünstigen Sensoren für die Sensoreinrichtung 5 zur Positionsbestimmung der
30 Lenkstange 2. Natürlich ist hier, wie auch in der mit Bezug zu Fig. 1 bis Fig. 3 beschriebenen Ausführungsform, auch die Verwendung von sogenannten Multiturn-Sensoren möglich, mittels derer die Positionsbestimmung der Lenkstange 2 auch mit einer Rotationsbewegung von 360° oder mehr am Sensorrad 17 uneindeutig möglich ist.

35 Ferner ist es durch mit der als zweistufiges Stirnradgetriebe 21 ausgebildeten Sensor-Verzahnungseinrichtung 4 möglich, die Sensor-Verzahnung 15 der Lenkstange 2 auch

geradverzahnt auszuführen. Auch in Fig. 5 muss die Andrückrolle 11 (schematisch jeweils rechts vom ersten Zahnrad 22 angedeutet) teilweise ausgespart ausgeführt sein, um nicht auf der in der Wälzfläche 14 ausgebildeten Sensor-Verzahnung 15 abzuwälzen. In Fig. 5 ist das zweite Zahnrad 23 ferner mittels einer Spiralfeder 24 vorgespannt, um einen spielfreien Zahneingriff unter allen Betriebsbedingungen sicherzustellen. Wie in Fig. 5 angedeutet, erfordert das zweistufige Stirnradgetriebe 21 lediglich eine kleine Öffnung bzw. Ausbauchung in einem Gehäuse 25 der Lenkstange 2, im Kontaktbereich mit der Lenkstange 2.

Fig. 6 und Fig. 7 zeigen eine Ausführungsform der Lenkeinheit 1, bei der die Sensor-Verzahnung 15 als spiralförmige oder helixförmige, an der Lenkstange 2 im Wesentlichen umlaufende Rillen 26 ausgebildet ist, und die Sensor-Verzahnungseinrichtung 4 als ein innenverzahntes Hohlrad 27 ausgebildet ist. Typischerweise sind insbesondere sechs bis 20 Rillen 26, hier beispielhaft zehn Rillen 26 vorgesehen und weisen eine Steigung von etwa 200-400 mm/U, hier beispielhaft 300 mm/U auf, woraus ein Schrägungswinkel β von etwa 60° bis etwa 85° resultiert. Das heißt, dass Zähne der Sensor-Verzahnung 15 etwa bis auf 10° parallel zur Lenkstange 2 verlaufen. Das innenverzahnte Hohlrad 27 ist mit der Sensor-Verzahnung 15 in Eingriff, und weist aufgrund einer vergleichsweise hohen Zähnezahls eine hohe Überdeckung auf, womit der Zahneingriff verbessert werden kann. Somit dient das innenverzahnte Hohlrad 27 hier als das Sensorrad 17. Das Hohlrad 27 selbst ist gleit- oder wälzgelagert in dem Gehäuse 25 der Lenkstange 2 aufgenommen und weist insbesondere einen Kunststoff, wie einen sortenreinen Kunststoff, ein Kunststoffgemisch, einen faserverstärkten Kunststoff oder -gemisch, auf.

In der in Fig. 6 und 7 gezeigten Ausführungsform ist das Sensortarget 18 als ein zylindrischer Targetring aus Metall ausgebildet, der dem Hohlrad 27 als Mantelfläche dient. Alternativ ist auch ein scheibenförmiges Sensortarget 18 möglich. Wie insbesondere in Fig. 7 erkennbar dargestellt, ist das innenverzahnte Hohlrad 27 exzentrisch zur Lenkstange 2 ausgebildet. Alternativ ist es auch denkbar, eine zur Lenkstange 2 konzentrische Mutter statt des Hohlrads 27 zu verwenden. Das Hohlrad 27 kann bspw. von recht oder von links in das Gehäuse 25 der Lenkstange eingeschoben montiert werden. Auch eine Gehäuseteilung wäre denkbar, um die Montage des Hohlrads 27 zu vereinfachen.

Fig. 8 bis Fig. 11 zeigen eine Ausführungsform der Lenkeinheit 1, bei der die Sensor-Verzahnungseinrichtung 4 als eine Zahnstange 28 ausgebildet ist, die rechtwinklig zur Sensor-Verzahnung 15 der Lenkstange 2 angeordnet ist und mit dieser in Zahneingriff steht. Die Sensor-Verzahnung 15 ist hier beispielhaft als eine starke Schrägverzahnung im Bereich

der Lagerungseinheit 9, genauer gesagt, im Bereich des Druckstücks 10 ausgebildet. Durch den Zahneingriff zwischen der Zahnstange 28 und der Sensor-Verzahnung 15 wird die Längsbewegung der Lenkstange 2 entlang ihrer Längsachse L in eine dazu im Wesentlichen orthogonale bzw. tangential verlaufende Längsbewegung der Zahnstange 28 umgewandelt.

5 Ein Übersetzungsverhältnis zwischen der Sensor-Verzahnung 15 der Lenkstange 2 und der Verzahnung der Zahnstange 28 ist dabei so gewählt, dass die Längsbewegung der Zahnstange 28 insbesondere weniger als ein Drittel der Längsbewegung der Lenkstange 2 beträgt und somit sehr viel kleiner bzw. kürzer und durch einfacher messbar ist.

10 Die Zahnstange 28 ist insbesondere schrägverzahnt und hier beispielhaft im Druckstück 10 gelagert. Das bedeutet, die Zahnstange 28 ist mit einem mittleren Bereich 29 des Druckstücks 10 mit der Lenkstange 2 in Kontakt. Die Funktion des Druckstücks 10 wird dadurch nicht beeinträchtigt, da das Druckstück 10 nur in äußeren Bereichen 30, nicht jedoch in dem mittleren Bereich 29 tragend ist. Die Bewegung der Zahnstange 28 kann
15 bspw., wie in Fig. 8 und Fig. 9 gezeigt, mittels beidseitig angeordneten Tauchspulensensoren 31 gemessen bzw. erfasst werden. Die Tauchspulensensoren 31 zählen zu den induktiven Sensoren, was bedeutet, dass die Zahnstange 28 zumindest im Bereich ihrer axialen Enden ein metallisches Material, z.B., Eisen oder Stahl, aufweisen muss. Ansonsten kann die Zahnstange 28 auch mehrheitlich aus einem Kunststoff oder
20 ähnlichem hergestellt sein. Die Tauchspulensensoren 31 sind mit dem Druckstück 10 verbunden, sodass sie jede Bewegung des Druckstücks 10, z.B. aufgrund äußerer Kräfte auf die Lenkstange 2, mitmachen.

Die Anordnung der Zahnstange 28 innerhalb des Druckstücks 10 eignet sich auf besondere
25 Weise, weil das Druckstück durch ein Federelement 32 gegen die Lenkstange 2 vorgespannt ist, und somit immer an der Lenkstange 2 anliegt. Dadurch kann auch bei äußerer Krafteinwirkung bzw. Durchbiegung der Lenkstange 2 eine Verfälschung des durch die Tauchspulensensoren 31 generierten Messsignals vermieden werden. Darüber hinaus kann durch die Positionierung der Zahnstange 28 in oder nahe der Lagerungseinheit 9, kombiniert
30 mit der zur Lenkstange 2 rechtwinkligen Orientierung, eine Verfälschung des Messwertes durch Verformung der Lenkstange 2 nahezu umgangen werden.

Zusätzlich ist die Zahnstange 28, wie in Fig. 9 gezeigt, sowohl axial als auch radial vorgespannt, um eine Spielfreiheit der Zahnstange 28 zu erzielen. Das bedeutet, dass die
35 Zahnstange 28 sowohl parallel zur Lenkstange 2, hier beispielhaft durch ein Federelement 33, das die Zahnstange 28 über einen stempelartige Komponente 34 auf die Lenkstange 2

drückt (siehe Pfeil P1), vorgespannt ist, als auch rechtwinklig zu Lenkstange 2, hier beispielhaft durch ein Federelement 34, vorgespannt ist. Um eine Reibung zwischen der stempelartigen Komponente 34 und der Zahnstange 28 zu reduzieren, können in dem Kontaktbereich Wälzkörper, bspw. Kugeln, Nadeln, Rollen etc., als sogenannte „Arren“ (nicht
5 gezeigt) angeordnet sein, die die Reibung und/oder den Widerstand in dem Zahneingriff zwischen der Zahnstange 28 und der Lenkstange 2 reduzieren können.

Bezugszeichenliste

	1	Lenkeinheit
	2	Lenkstange
5	3	Stellaktor
	4	Sensor-Verzahnungseinrichtung
	5	Sensoreinrichtung
	6	Spindelabschnitt
	7	abgeflachter Abschnitt
10	8	Schraubkontur
	9	Lagerungseinheit
	10	Druckstück
	11	Andrückrolle
	12	Teilkreisabschnitt
15	13	Abschnitt
	14	Wälzfläche
	15	Sensor-Verzahnung
	16	Stirnrad
	17	Sensorrad
20	18	Sensortarget
	19	Auslaufzone
	20	Auslaufzone
	21	zweistufiges Stirnradgetriebe
	22	erstes Zahnrad
25	23	zweites Zahnrad
	24	Spiralfeder
	25	Gehäuse
	26	Rille
	27	Hohlrad
30	28	Zahnstange
	29	mittlerer Bereich
	30	äußerer Bereich
	31	Tauchspulensensor
	32	Federelement
35	33	Federelement
	34	stempelartige Komponente
	35	Federelement

L Längsachse

VWL Verfahrweg der Lenkstange

P1 Pfeil

5

10

15

Ansprüche

1. Lenkeinheit (1), insbesondere eine steer-by-wire Lenkeinheit, für ein Fahrzeug, aufweisend:

eine Lenkstange (2), die dazu eingerichtet ist, an ihren axialen Enden jeweils mit einem Rad des Fahrzeugs gekoppelt zu sein, wobei die Lenkstange (2) zumindest abschnittsweise eine Sensor-Verzahnung (15) aufweist,

einen Stellaktor (3), der mit der Lenkstange (2) derart gekoppelt ist, dass eine Rotationsbewegung des Stellaktors (3) eine Translationsbewegung der Lenkstange (2) zur Positionsänderung der Lenkstange (2) entlang eines vorbestimmten Lenkstangen-Verfahrwegs (VWL) bewirkt,

eine Sensor-Verzahnungseinrichtung (4), die zumindest abschnittsweise eine zur Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) entsprechende Gegenverzahnung aufweist, die derart mit der Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) in Zahneingriff ist, dass die Translationsbewegung der Lenkstange (2) eine Positionsänderung der Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) entlang eines vorbestimmten Sensor-Verfahrwegs bewirkt,

wobei im Zahneingriff zwischen der Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) und der Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) ein Relativgleiten auftritt, das gleich oder größer als 80% des Lenkstangen-Verfahrwegs (VWL) der Lenkstange (2) ist, und

eine Sensoreinrichtung (5) zur Positionsbestimmung der Lenkstange (2), die dazu eingerichtet ist, eine Position der Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) entlang des vorbestimmten Sensor-Verfahrwegs (15) zu erfassen.

2. Lenkeinheit (1) nach Anspruch 1, wobei die Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) einen Schrägungswinkel (β) von etwa 45° bis 85° , insbesondere von etwa 65° bis 85° , weiter insbesondere von etwa 80° , aufweist.

3. Lenkeinheit (1) nach Anspruch 1 oder 2, ferner aufweisend eine Lagerungseinheit (9) zur radialen Lagerung der Lenkstange (2).

4. Lenkeinheit (1) nach Anspruch einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) im Wesentlichen eben ausgebildet ist.

5. Lenkeinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) als ein Stirnrad (16) ausgebildet ist, das dazu eingerichtet ist, über den gesamten Lenkstangen-Verfahrweg (VWL) um einen vorbestimmten Winkel zu rotieren.

6. Lenkeinheit (1) nach Anspruch 5, wobei das Stirnrad (16) vorgespannt montiert ist, und/oder wobei eine Verzahnung des Stirnrads (16) einen Schrägungswinkel von bis zu etwa 45° aufweist.
7. Lenkeinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) zumindest ein innenverzahntes Hohlrad (27) aufweist, das um die Lenkstange (2) rotierbar angeordnet ist, wobei eine Innenverzahnung des Hohlrads (27) mit der Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) in Zahneingriff ist, und wobei das Hohlrad (27) dazu eingerichtet ist, über den gesamten Lenkstangen-Verfahrweg (VWL) um einen vorbestimmten Winkel zu rotieren.
8. Lenkeinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Sensor-Verzahnungseinrichtung (4) eine Zahnstange (28) umfasst, die mit der Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) in Zahneingriff ist, wobei die Zahnstange (28) im Wesentlichen rechtwinklig zur Lenkstange (2) angeordnet ist, und wobei die Zahnstange (28) und die Sensor-Verzahnung (15) der Lenkstange (2) derart in Zahneingriff sind, dass ein gesamter Zahnstangen-Verfahrweg weniger als ein Drittel des gesamten Lenkstangen-Verfahrwegs (VWL) der Lenkstange (2) beträgt.
9. Lenkeinheit (1) nach Anspruch 8, wobei die Zahnstange (28) relativ zur Lagereinheit (9) verschiebbar angeordnet ist.
10. Lenkeinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Sensoreinrichtung (5) einen Induktivsensor (31), einen xMR-Sensor oder einen Hallsensor aufweist.

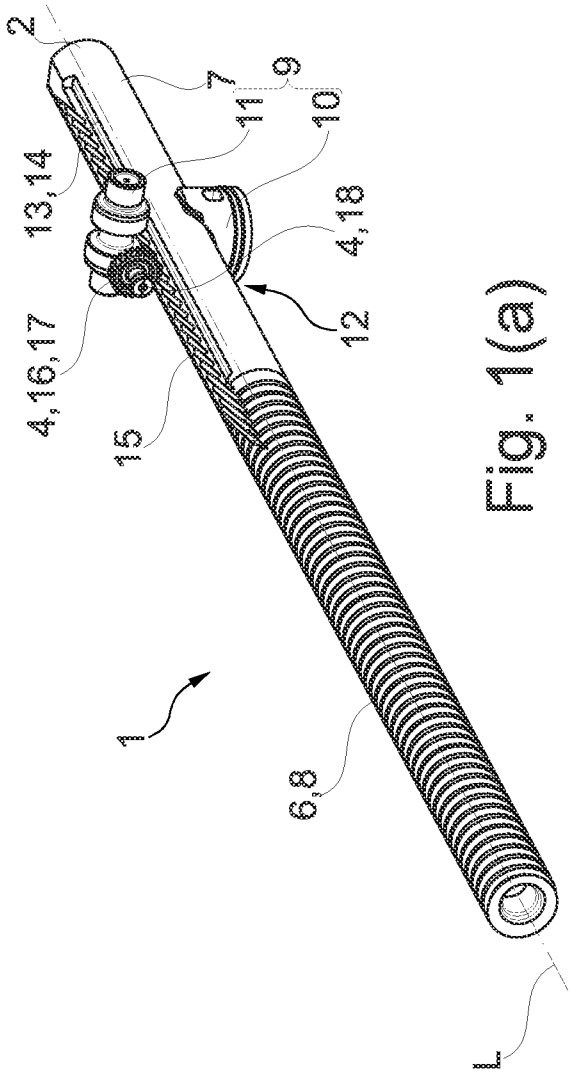


Fig. 1(a)

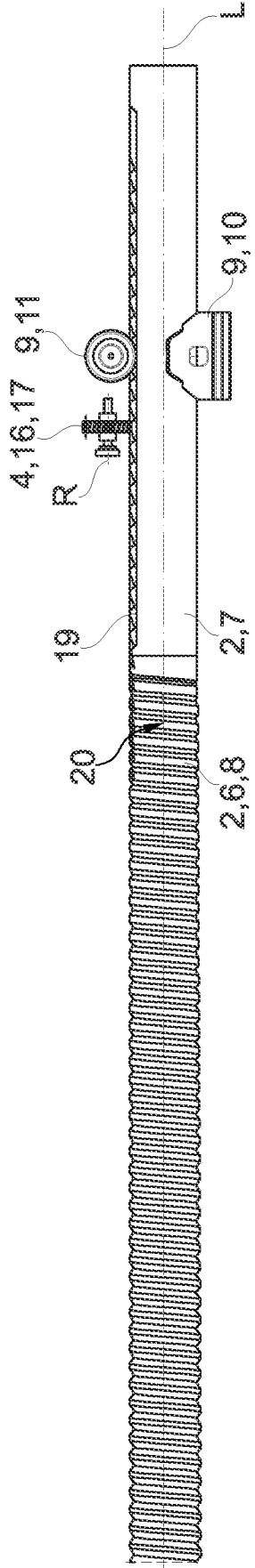


Fig. 1(b)

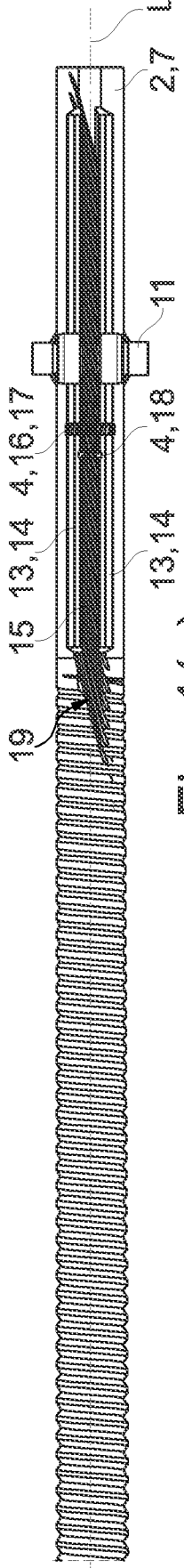
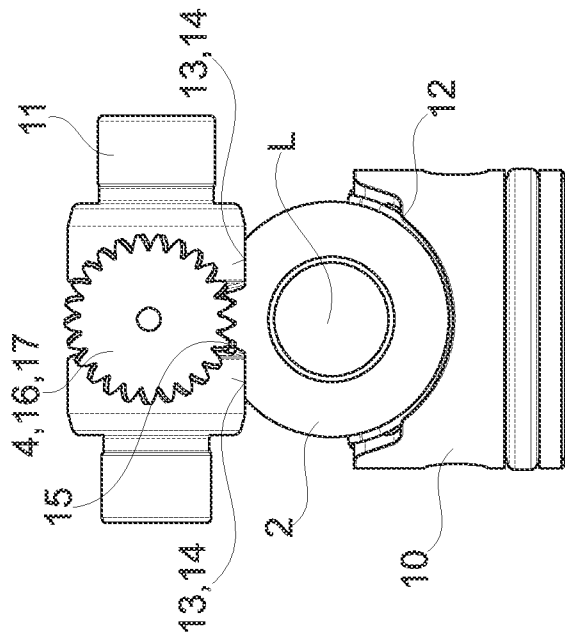
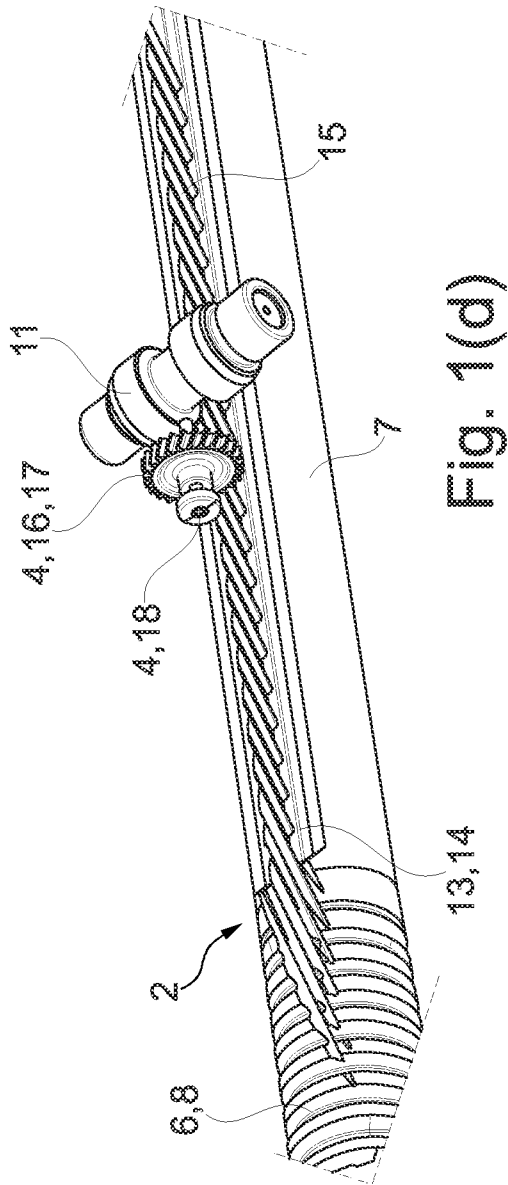


Fig. 1(c)



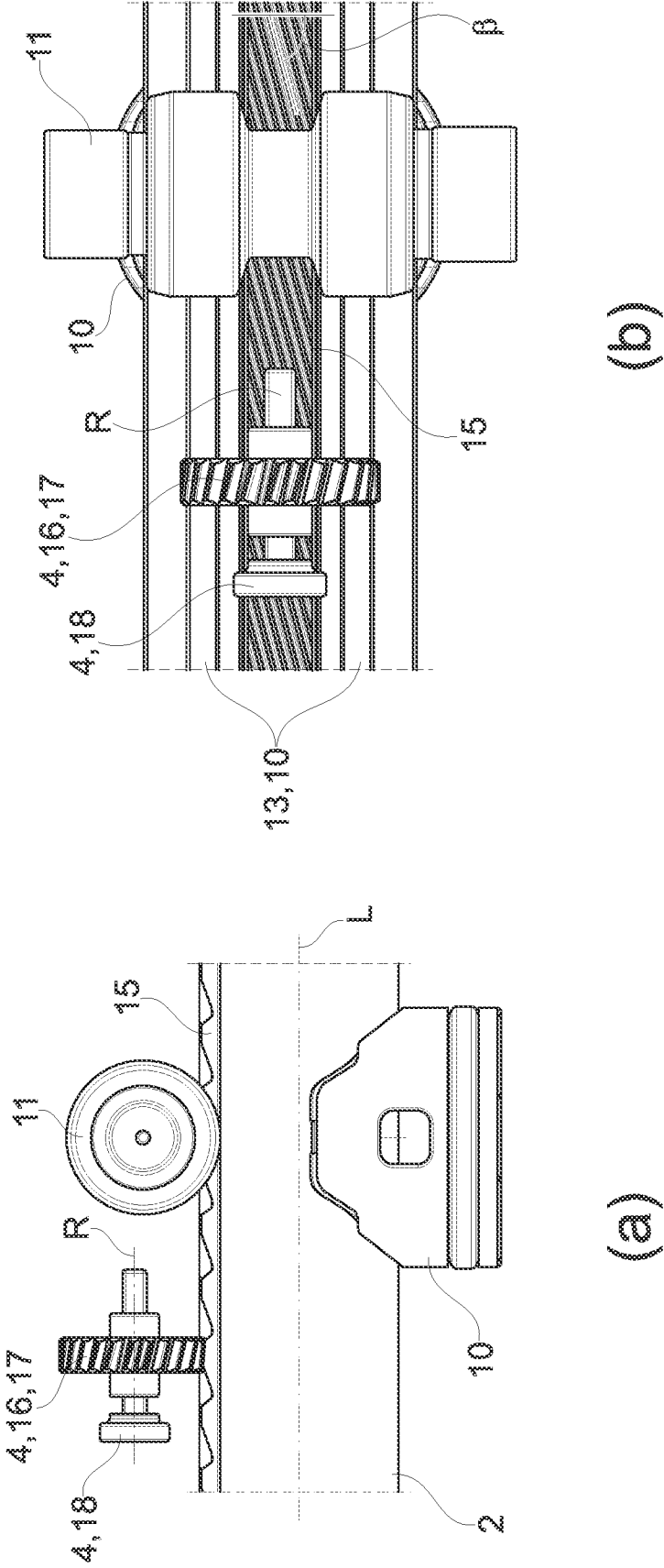


Fig. 3

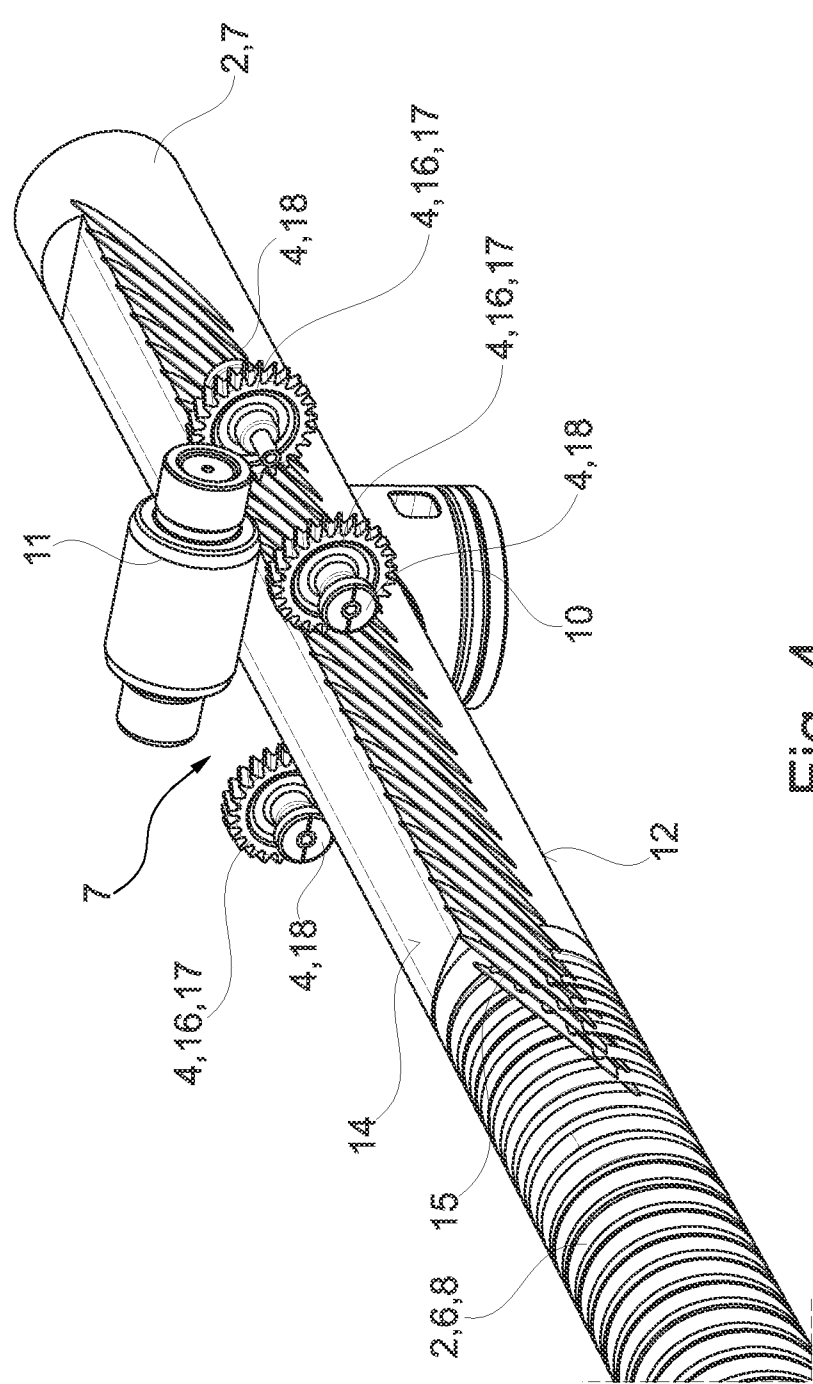
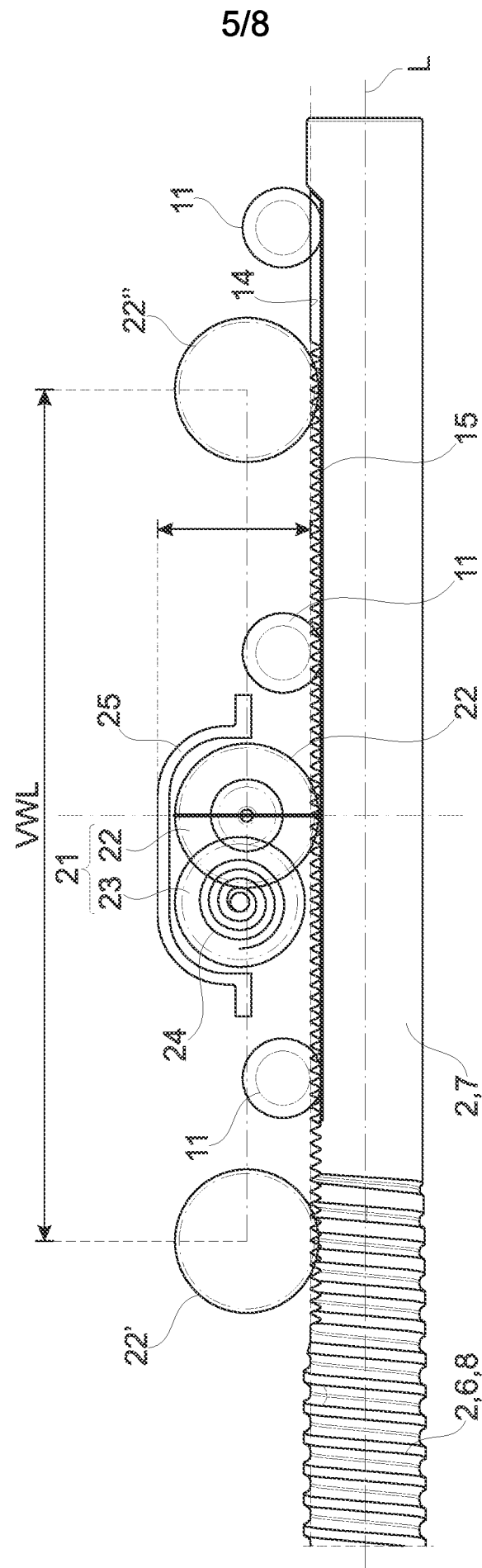


Fig. 4



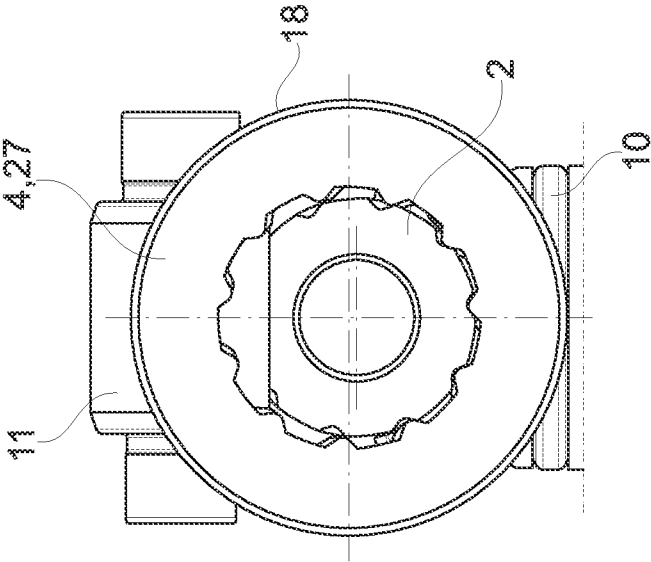
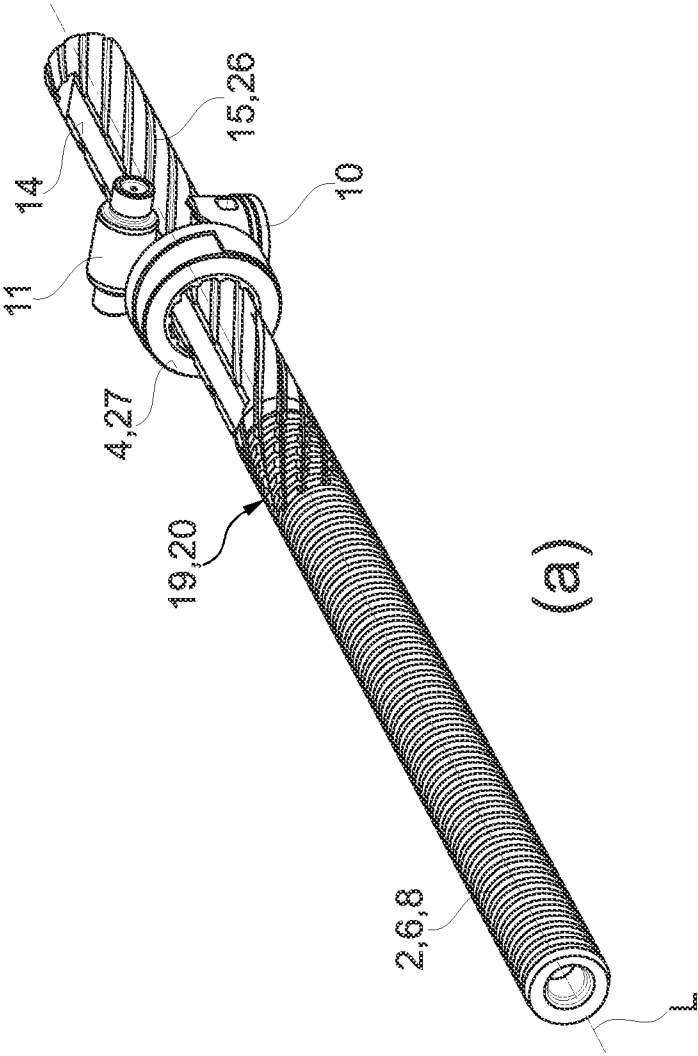
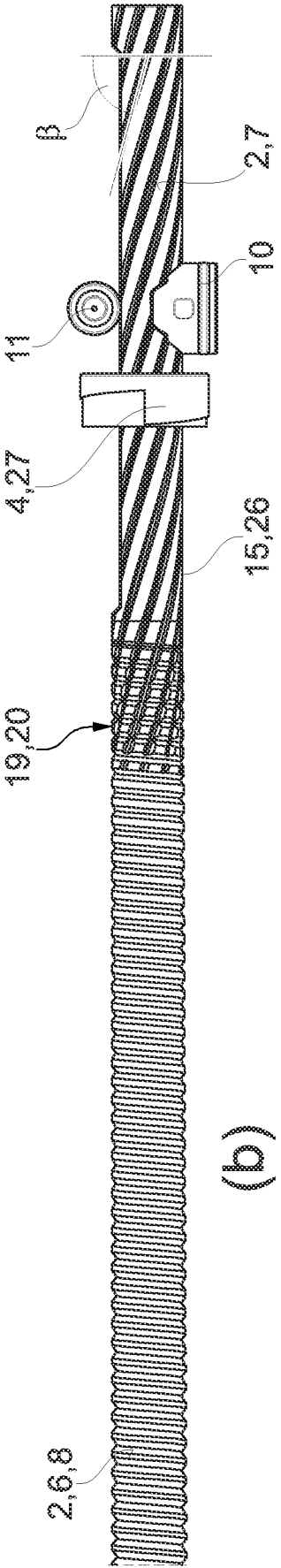


Fig. 7



(a)



(b)

Fig. 6

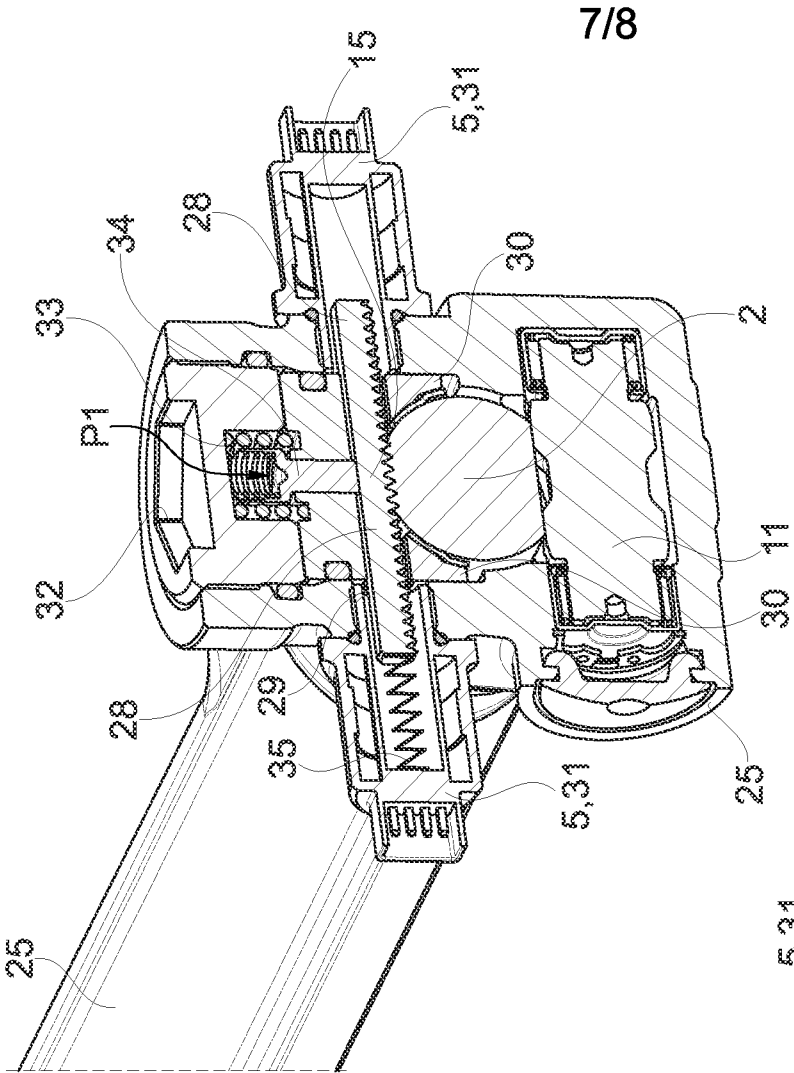


Fig. 9

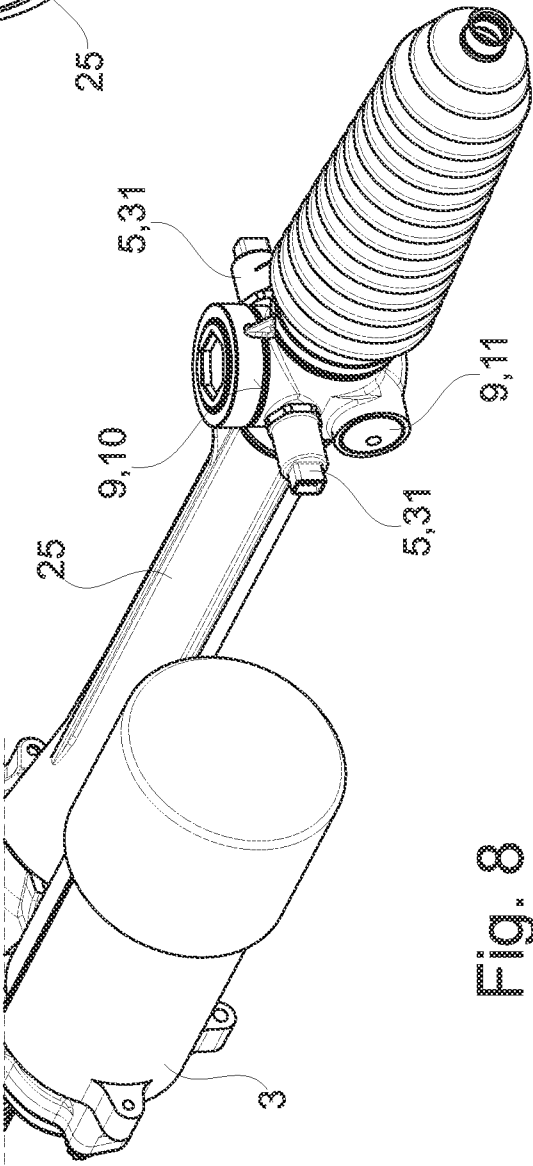
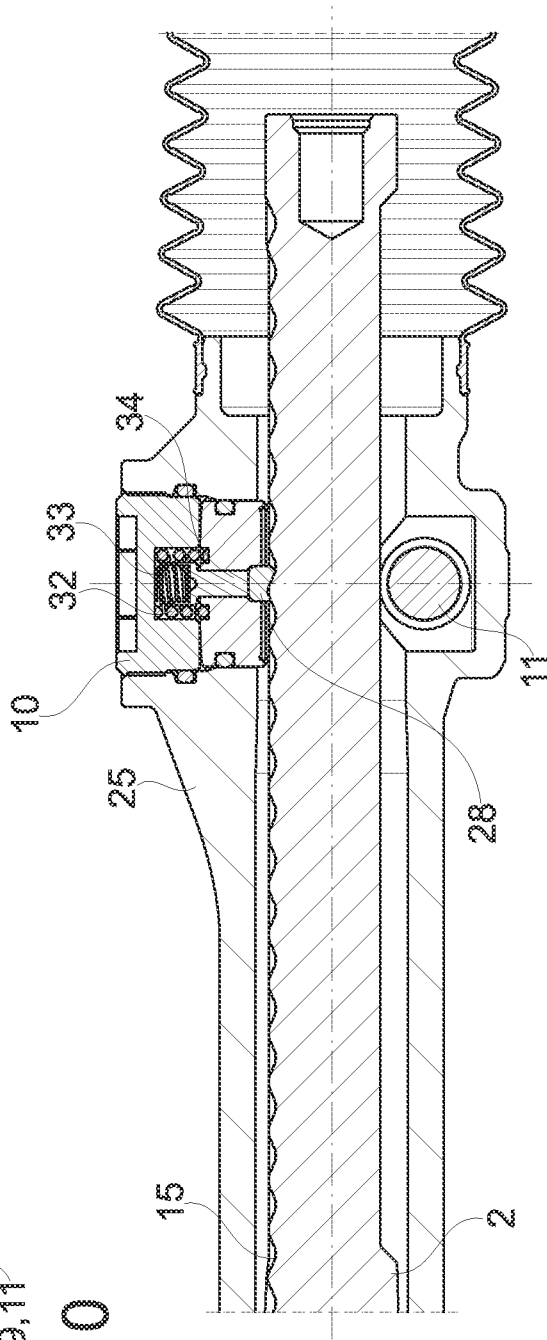
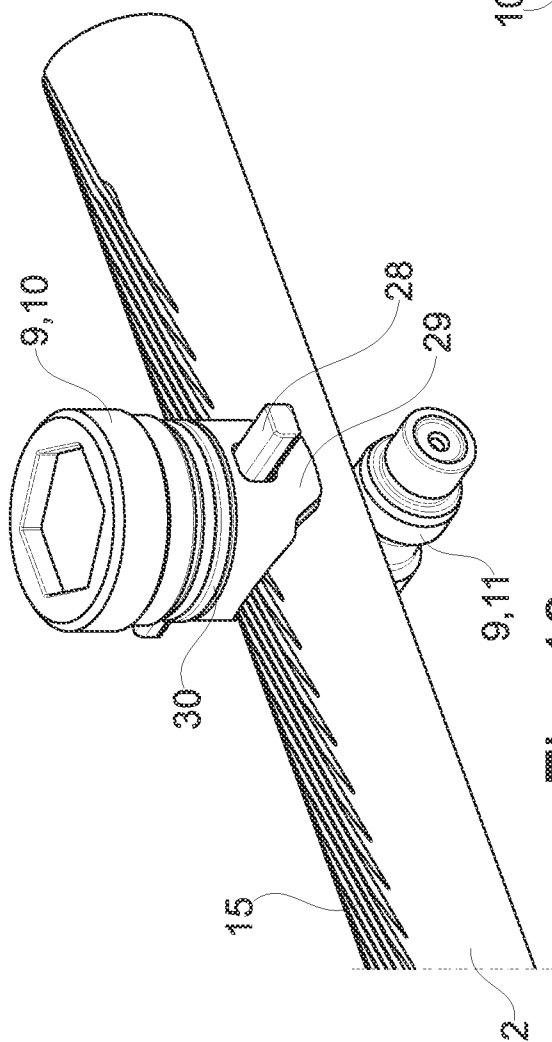


Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2024/100725

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER 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.
A	DE 102020101481 A1 (ZF AUTOMOTIVE GERMANY GMBH [DE]) 22 July 2021 (2021-07-22) paragraphs [0068] - [0079]; figures 4-9	1-10
☐ 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 05 November 2024		Date of mailing of the international search report 14 November 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 Kulozik, Ehrenfried Telephone No.

International application No.

PCT/DE2024/100725

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 102020101481 A1	22 July 2021	CN 113147886 A	23 July 2021
		DE 102020101481 A1	22 July 2021
		US 2021221427 A1	22 July 2021

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. 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.
A	DE 10 2020 101481 A1 (ZF AUTOMOTIVE GERMANY GMBH [DE]) 22. Juli 2021 (2021-07-22) Absätze [0068] - [0079]; Abbildungen 4-9 -----	1 - 10

☐ 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 5. November 2024	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 14/11/2024
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 Kulozik, Ehrenfried

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/DE2024/100725

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (April 2005)