

(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
27. April 2023 (27.04.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/066596 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B62D 7/14 (2006.01) *B62D 7/15* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/076477

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. September 2022 (23.09.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 211 898.4
21. Oktober 2021 (21.10.2021) DE

(71) Anmelder: **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE]; Lö-
wentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **STRATMANN, Julian**; An der Glocke 16,
49152 Bad Essen (DE). **MEYER, Gerrit**; Eichhornring 15,
49401 Damme (DE). **SCHIPPMANN, Laurence**; Neder-
byvej 15, 6340 Krusa (DK).

(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, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR GENERATING AND/OR MODIFYING A HOLDING AND/OR BRAKING TORQUE
OF A STEER-BY-WIRE STEERING SYSTEM OF A VEHICLE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM ERZEUGEN UND/ODER VERÄNDERN EINES HALTE- UND/
ODER EINES BREMSMOMENTS EINER STEER-BY-WIRE-LENKUNG EINES FAHRZEUGS

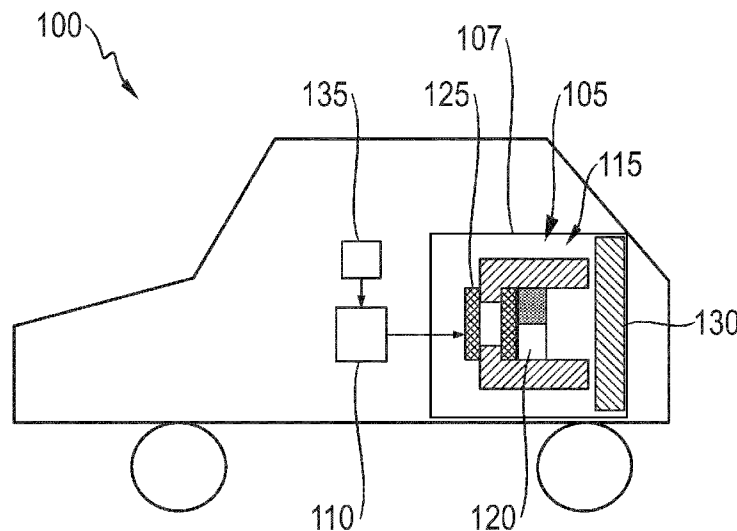


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a device (105) for generating and/or modifying a holding and/or braking torque for a steer-by-wire steering system (107) of a vehicle (100). The device (105) has a core element (115) with a winding region and a functional region lying opposite the winding region, a permanent magnet element (120) for generating a magnetic field, said permanent magnet element being arranged on the core element (115) between the winding region and the functional region and being designed to generate a braking torque for a rotatable component (130, 330, 430) in the functional region using the magnetic field, and a coil unit (125) which



WO 2023/066596 A1

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

is wound about the core element (115) in the winding region and which is arranged parallel to the permanent magnet element (120). The coil unit (125) is designed to change the direction of the magnetic field using an electric voltage in order to change the holding and/or braking torque acting on the rotatable component.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird eine Vorrichtung (105) zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments für eine Steer-by-wire-Lenkung (107) eines Fahrzeugs (100) vorgestellt, wobei die Vorrichtung (105) ein Kernelement (115) mit einem Wicklungsbereich und einem dem Wicklungsbereich gegenüberliegenden Wirkbereich, ein Permanentmagnetelement (120) zum Erzeugen eines Magnetfelds, das an dem Kernelement (115) zwischen dem Wicklungsbereich und dem Wirkbereich angeordnet ist, wobei das Permanentmagnetelement (120) ausgebildet ist, um im Wirkbereich unter Verwendung des Magnetfelds ein Bremsmoment für ein drehbewegliches Bauteil (130, 330, 430) zu erzeugen, sowie eine Spuleneinheit (125) aufweist, die im Wicklungsbereich um das Kernelement (115) gewickelt ist und parallel zu dem Permanentmagnetelement (120) angeordnet ist. Dabei ist die Spuleneinheit (125) ausgebildet, um unter Verwendung einer elektrischen Spannung eine Richtung des Magnetfelds zu verändern, um das wirkende Halte- und/oder Bremsmoment an dem drehbeweglichen Bauteil zu verändern.

Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder eines Bremsmoments einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erzeugen und/oder Verändern eines Haltemoments und/oder eines Bremsmoments einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs.

Heutige Fahrzeuge können an allen Achsen lenkbar sein. Durch gegensinniges Lenken kann ein Wendekreis verringert werden oder das Fahrzeug einfacher rangiert, z.B. eingeparkt werden. Bei gleichsinnigem Lenken kann das Fahrzeug, z. B. bei einem Überholvorgang stabilisiert werden. Hier kann für Kraftfahrzeuge eine Steer-by-wire-Lenkung von Vorteil sein, welche mechanisch von einer Lenkhandhabe, die einen Fahrerwunsch für eine Fahrtrichtung abbildet, entkoppelt ist. Lenkungen sind generell radführend, so dass ein an den jeweiligen Rädern eingestellter Lenkwinkel unter Einfluss der hohen Quer- und/oder Seitenkräfte in einem Fahrwerk eines Kraftfahrzeugs beibehalten werden kann, um die beabsichtigte Fahrtrichtung aufrecht erhalten zu können. Bei einem Fehler in der Steer-by-wire-Lenkung, wie einem Ausfall der Bordnetzversorgung oder des Antriebs, soll der aktuelle Lenkwinkel entweder beibehalten oder auf einen Neutrallenkwinkel (Räder in Stellung Geradeausfahrt; Lenkwinkel = 0°) rückgeführt werden. Um ein selbsttätiges Ändern der Lenkwinkel zu minimieren oder zu verhindern werden in bekannter Weise elektrische und/oder mechanische Sperren und/oder selbsthemmende Spindel- bzw. Lenkstangenantriebe eingesetzt. Diese wirken einem Wandern der Spindel- bzw. Lenkstange und somit einer Änderung des Lenkwinkels im passiven Zustand entgegen. Aus der DE 102007055849 A1 sind derartige Möglichkeiten bekannt.

Vor diesem Hintergrund schafft die vorliegende Erfindung eine verbesserte Vorrichtung und ein Verfahren zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments für eine Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs, ein verbessertes Fahrzeug sowie eine verbesserte Vorrichtung zum Erzeugen bzw. Verändern eines Halte- und/oder eines Bremsmoments gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Der vorgestellte Ansatz beschreibt eine Möglichkeit, um ein Systemverhalten in Hinsicht auf Effizienz, Lebensdauer, akustischen Emissionen, Gewicht und Kosten für eine Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs zu verbessern. Vorteilhafterweise kann auch bei einem Bordnetzausfall des Fahrzeugsystems eine Halte- und/oder Bremswirkung in der Steer-by-wire-Lenkung erzielt werden. Weiterhin können vorteilhafterweise Verschleißerscheinungen und eine Anzahl beweglicher, verbauter Teile reduziert werden, wodurch eine Systemintegration vereinfacht wird. Zudem kann durch den vorgestellten Ansatz ein Sicherheitsaspekt verbessert werden.

Es wird eine Vorrichtung zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments für eine Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs vorgestellt, die ein Kernelement, ein Permanentmagnetelement und eine Spuleneinheit aufweist. Das Kernelement weist einen Wicklungsbereich und einem dem Wicklungsbereich gegenüberliegenden Wirkbereich auf. Weiterhin ist das Permanentmagnetelement ausgebildet, um ein Magnetfeld zu erzeugen, das an dem Kernelement zwischen dem Wicklungsbereich und dem Wirkbereich angeordnet ist. Weiterhin ist das Permanentmagnetelement ausgebildet, um im Wirkbereich unter Verwendung des Magnetfelds ein Halte- und/oder Bremsmoment für ein drehbewegliches Bauteil des Antriebes der Steer-by-wire-Lenkung zu erzeugen. Die Spuleneinheit ist im Wicklungsbereich um das Kernelement gewickelt und parallel zu dem Permanentmagnetelement angeordnet, und ist ausgebildet, um unter Verwendung einer elektrischen Spannung eine Richtung des Magnetfelds zu verändern, um das wirkende Bremsmoment für das drehbewegliche Bauteil des Antriebes zu verändern. Das Kernelement kann dabei beispielsweise eine Form gleich oder ähnlich einem Viereck sein, das an einer Seite offen ist. Der Wirkbereich kann dabei beispielsweise an der offenen Seite des Kernelements angeordnet sein.

Die Vorrichtung kann beispielsweise für ein Fahrzeug verwendet werden, das beispielsweise für einen Transport von Personen und zusätzlich oder alternativ von Gegenständen vorgesehen ist. Die Steer-by-wire-Lenkung kann eine Lenkung der Räder der Vorderachse und/oder der Räder der Hinterachse steuern bzw. bewirken.

Vorteilhafterweise kann das Halte- und/oder Bremsmoment an einer mechanischen Komponente der Lenkung durch eine Reluktanzkraft erzeugt werden. Vorteilhafterweise ist die mechanische Komponente ein drehbewegliches Bauteil im Antriebsstrang zwischen Antriebsmotor und Lenkstange bzw. Spindel. Die Reluktanzkraft wirkt auf dieses Bauteil und bewirkt ein Halten und/oder Bremsen. Das drehbewegliche Bauteil kann z.B. zumindest eine Achse, ein Rotor oder zumindest ein Getriebebestandteil, wie z.B. ein Zahnrad oder ein Riemenrad oder Riemenabtriebsrad sein. Mittels der Reluktanzkraft kann z.B. dem von der elektrischen Maschine erzeugten Lenkmoment der Steer-by-wire-Lenkung entgegen gewirkt werden. Die Vorrichtung kann somit im Sinne des Haltens wie eine Feststellbremse wirken, so dass ein aktueller Lenkwinkel beibehalten werden kann. Dadurch kann auch ein ungewolltes Wandern bzw. Verändern eines Lenkwinkels minimiert oder verhindert werden, wenn der Antrieb ausfällt und sich der Lenkwinkel z.B. nach einem Fehler in der Steer-by-wire-Lenkung nicht mehr ändern soll. Auch kann die Geschwindigkeit des Antriebs im Sinne einer Bremse verlangsamt oder bis zum Stillstand gestoppt werden.

Durch das Bestromen der Spuleneinheit kann vorteilhafterweise das wirkende Halte- und/oder Bremsmoment je nach Bedarf geschwächt oder vollständig deaktiviert werden. Durch die parallele Anordnung des Permanentmagnetelements und der Spuleneinheit kann vorteilhafterweise eine Entmagnetisierung des Permanentmagnetelements verhindert werden. Eine Arretierung einer Lenkstange bzw. Spindel im Sinne des Haltens bei einem Ausfall der Steer-by-wire-Lenkung wird damit sichergestellt. Weiterhin kann eine Steer-by-wire-Lenkung bzw. eine Achse des Fahrzeugs unter Verwendung der Vorrichtung effizient realisiert und zugleich kann ein Wandern beispielsweise einer Lenkstange bzw. Spindel der Steer-by-wire-Lenkung aufgrund von Querkraft- und/oder Seitenkrafteinflüssen verhindert werden. Aus dem Stand der Technik bekannte und übliche mechanische Sperren zum Halten und/oder Bremsen, welche zusätzliche Kosten und zusätzliches Gewicht bedeuten, werden nicht mehr benötigt. Die Vorrichtung ermöglicht bei Steer-by-wire-Lenkungen auch den Einsatz von Lenkgetrieben mit hohen Wirkungsgraden, z.B. einem Kugelumlaufgetriebe. Diese haben keine Selbsthemmung, um dem Wandern des Lenkwinkels bei Stillstand oder Ausfall des Antriebs entgegen zu wirken. Die Vorrichtung ersetzt vorteilhaft die Wirkung der Selbsthemmung durch die Wirkung der Reluktanzkraft.

Gemäß einer Ausführungsform kann das Kernelement einen ersten Kernelementteil und einen zweiten Kernelementteil aufweisen, wobei der erste Kernelementteil beabstandet zu dem zweiten Kernelementteil angeordnet sein kann. Die Kernelementteile können beispielsweise L-förmig realisiert sein, wobei in einem solchen Fall die kurzen L-Seiten einander zugewandt angeordnet sein können. Vorteilhafterweise kann dadurch ein Luftspalt (beispielsweise zwischen dem ersten Kernelementteil und dem zweiten Kernelementteil) ausgeformt werden, welcher beispielsweise unter Verwendung der Spuleneinheit überbrückt werden kann. Vorteilhafterweise kann der Luftspalt als Widerstand für das Magnetfeld wirken.

Die Spuleneinheit kann ausgebildet sein, um den ersten Kernelementteil und den zweiten Kernelementteil im Wicklungsbereich miteinander verbinden zu können. Vorteilhafterweise kann ein Abstand zwischen den Kernelementteilen überbrückt werden. Der Abstand kann beispielsweise als Luftspalt ausgeformt sein. Durch die Verwendung der Spuleneinheit kann bei einer Bestromung der Spule ein Magnetfeld ausgebildet werden, durch welches der Luftspalt überbrückt wird.

Weiterhin kann ein Abstand zwischen dem ersten Kernelementteil und dem zweiten Kernelementteil größer sein als ein Abstand zwischen dem Kernelement und dem drehbeweglichen Bauteil, beispielsweise dem Riemenrad. Durch die Größe der Abstände kann vorteilhafterweise ein Widerstand bestimmt werden. Das Riemenrad kann beispielsweise als ein Teil eines Riemengetriebes, vorzugsweise mit Zahnriemen zwischen einer elektrischen Antriebseinheit und einer Lenkstange für die Steer-by-wire-Lenkung realisiert sein. Die Rotation des Antriebsmotors kann mittels des Riemengetriebes und einer Lenkstange, vorzugsweise ausgebildet als Spindel, in eine Translation der Lenkstange zur Verstellung der Lenkwinkel an einer Achse umgewandelt werden. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die durch das Permanentmagnetelement fließenden Magnetfeldlinien bevorzugt über das Riemenrad durch den Spalt zwischen den Kernelementteilen geführt sind.

Ferner kann die Vorrichtung das drehbewegliche Bauteil aufweisen, das im Wirkbereich des Kernelements angeordnet sein kann und das zusätzlich oder alternativ als

ein Riemenrad, als ein Rotor oder als eine Spindel ausgeformt sein kann. Diese kann vorteilhafterweise in Verbindung mit der Vorrichtung als Rastbremse wirken.

Gemäß einer Ausführungsform kann das Riemenrad oder der Rotor eine Mehrzahl von Rastzähnen aufweisen. Insbesondere kann ein Abstand des Riemenrades bzw. Rotors zum Kernelement im Wirkbereich aufgrund der Rastzähne bei einer Drehung des Riemenrades bzw. Rotors variierbar sein. Das bedeutet, dass der Abstand zwischen dem drehbeweglichen Bauteil und dem Kernelement dann vergrößert sein kann, wenn in einem Abschnitt dieses Bauteils ein Zahnzwischenraum zwischen zwei Rastzähnen dem Kernelement zugewandt ist. Auch der Abstand zwischen dem drehbeweglichen Bauteil und dem Kernelement kann beispielsweise als Luftspalt ausgeformt sein. Durch eine solche Ausführungsform lässt sich sehr einfach eine Reluktanz-Bremseinheit realisieren.

Gemäß einer Ausführungsform kann das Kernelement ein ferromagnetisches Material aufweisen. Vorzugsweise kann auch das drehbewegliche Bauteil ein ferromagnetisches Material aufweisen. Vorteilhafterweise kann das Magnetfeld des Permanentmagnetelements durch das Material des Kernelements geführt werden.

Es wird ferner ein Fahrzeug mit einer Steer-by-wire-Lenkung und einer der Steer-by-wire-Lenkung zugeordneten Vorrichtung in einer zuvor genannten Variante vorgestellt. Die Steer-by-wire-Lenkung kann zur Lenkung der Räder der Vorder- und/oder der Hinterachse ausgebildet sein. Das Fahrzeug kann beispielsweise als Kraftfahrzeug in Form eines Personenkraftwagens (PKW), als Geländewagen, als ein Lastkraftwagen (LKW) oder beispielsweise als ein Nutzfahrzeug realisiert sein.

Weiterhin wird ein Verfahren zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments für eine Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs unter Verwendung einer Vorrichtung in einer hier genannten Variante vorgestellt, wobei das Verfahren einen Schritt des Erzeugens und einen Schritt des Anlegens umfasst. Im Schritt des Erzeugens wird ein Magnetfeld zwischen dem Wicklungsbereich und dem Wirkbereich des Kernelements unter Verwendung eines Permanentmagnetelements erzeugt, um im Wirkbereich ein Bremsmoment für das drehbewegliche Bauteil zu

bewirken. Im Schritt des Anlegens wird eine elektrische Spannung an eine im Wicklungsbereich des Kernelements gewickelte Spuleneinheit angelegt, um eine Richtung des von dem Permanentmagnetelement erzeugten Magnetfelds zu verändern, um das wirkende Bremsmoment an dem drehbeweglichen Bauteil zu verändern.

Vorteilhafterweise kann das Verfahren unter Verwendung einer Vorrichtung durchgeführt werden, wie sie hier beschrieben ist. Das Halte- und/oder Bremsmoment kann vorteilhafterweise unter Verwendung einer Reluktanzkraft erzeugt werden, die beispielsweise auf ein Riemenrad oder einen Rotor wirken kann. Diese drehbeweglichen Bauteile können beispielsweise Teil einer elektrischen Maschine oder eines Getriebes sein, durch welche die Steer-by-wire-Lenkung eine Lenkkraft mittelbar mittels einer Lenkstange oder unmittelbar auf die Räder einer Vorder- und/oder Hinterachse ausüben kann. Denkbar ist auch, dass das drehbewegliche Bauteil als Komponente drehfest mit einem durch die elektrische Maschine geführten Rotors verbunden ist. Durch das Verfahren kann vorteilhafterweise das Bremsmoment abgeschwächt oder beispielsweise vollständig deaktiviert werden. Dadurch, dass das Magnetfeld auf ein Riemenrad oder den Rotor wirkt, sofern keine elektrische Spannung angelegt wird, kann die Vorrichtung vorteilhafterweise auch bei einem Systemausfall das Halte- und/oder Bremsmoment erzeugen, sodass ein Wandern der Spindel- bzw. Lenkstange möglichst verhindert oder zumindest reduziert werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform kann das Verfahren einen Schritt des Einlesens von Fahrzeugdaten und zusätzlich oder alternativ von Umweltdaten unter Verwendung einer Sensoreinheit umfassen. Weiterhin kann das Verfahren einen Schritt des Auswertens der eingelesenen Fahrzeugdaten und zusätzlich oder alternativ der eingelesenen Umweltdaten umfassen, um ein Auswerteergebnis zu erhalten, das einen aktuellen Wirkzustand der Vorrichtung repräsentieren kann. Dabei kann im Schritt des Anlegens die elektrische Spannung in Abhängigkeit von dem Auswerteergebnis angelegt werden. Die Fahrzeugdaten können vorteilhafterweise Zustände oder Betriebsparameter innerhalb der Steer-by-wire-Lenkung abbilden, wie beispielsweise einen Strom, mit der eine Wicklung einer elektrischen Maschine zur Ausführung einer Lenkbewegung beaufschlagt wird, oder ein auf zumindest eine mechanische Komponente der Steer-by-wire-Lenkung wirkendes Moment. Hierdurch kann beispielsweise

erkannt werden, ob die Steer-by-wire-Lenkung als ausgefallen oder fehlerhaft arbeitend zu werten ist. Alternativ oder zusätzlich können die Fahrzeugdaten auch einen Magnetfluss in der Vorrichtung oder beispielsweise einen Winkel eines Rotors repräsentieren. Die Umweltdaten können beispielsweise Temperaturwerte repräsentieren, die auf die Vorrichtung oder auf temperatursensitive Komponenten der Vorrichtung wie beispielsweise die Permanentmagneten wirken können. Durch das Erfassen und zusätzlich oder alternativ das Auswerten der Daten kann vorteilhafterweise eine Funktionstüchtigkeit der Vorrichtung und/oder der Steer-by-wire-Lenkung kontrolliert werden und lediglich optional Gegenmaßnahmen durchgeführt werden, wenn das Auswerteergebnis beispielsweise einen fehlerhaften oder nicht ausreichenden Wirkungsgrad der Vorrichtung und/oder der Steer-by-wire-Lenkung repräsentiert. Die Sensoreinheit kann vorteilhafterweise als ein Stromsensor, ein Magnetflusssensor, als ein Winkelsensor oder beispielsweise als ein Temperatursensor realisiert sein.

Der hier vorgestellte Ansatz schafft ferner eine Steuervorrichtung, die ausgebildet ist, um die Schritte einer Variante eines hier vorgestellten Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen, anzusteuern bzw. umzusetzen. Auch durch diese Ausführungsvariante des Ansatzes in Form einer Steuervorrichtung kann die dem Ansatz zugrunde liegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden.

Hierzu kann die Steuervorrichtung zumindest eine Recheneinheit zum Verarbeiten von Signalen oder Daten, zumindest eine Speichereinheit zum Speichern von Signalen oder Daten, zumindest eine Schnittstelle zu einem Sensor oder einem Aktor zum Einlesen von Sensorsignalen von dem Sensor oder zum Ausgeben von Daten- oder Steuersignalen an den Aktor und/oder zumindest eine Kommunikationsschnittstelle zum Einlesen oder Ausgeben von Daten aufweisen, die in ein Kommunikationsprotokoll eingebettet sind. Die Recheneinheit kann beispielsweise ein Signalprozessor, ein Mikrocontroller oder dergleichen sein, wobei die Speichereinheit ein Flash-Speicher, ein EEPROM oder eine magnetische Speichereinheit sein kann. Die Kommunikationsschnittstelle kann ausgebildet sein, um Daten drahtlos und/oder leitungsgebunden einzulesen oder auszugeben, wobei eine Kommunikationsschnittstelle, die leitungsgebundene Daten einlesen oder ausgeben kann, diese Daten beispielsweise

elektrisch oder optisch aus einer entsprechenden Datenübertragungsleitung einlesen oder in eine entsprechende Datenübertragungsleitung ausgeben kann.

Eine Steuervorrichtung kann ein elektrisches Gerät sein, das elektrische Signale, beispielsweise Sensorsignale verarbeitet und in Abhängigkeit davon Steuersignale ausgibt. Die Steuervorrichtung kann eine oder mehrere geeignete Schnittstellen aufweisen, die hard- und/oder softwaremäßig ausgebildet sein können. Bei einer hardwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen beispielsweise Teil einer integrierten Schaltung sein, in der Funktionen der Vorrichtung umgesetzt sind. Die Schnittstellen können auch eigene, integrierte Schaltkreise sein oder zumindest teilweise aus diskreten Bauelementen bestehen. Bei einer softwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen Softwaremodule sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller neben anderen Softwaremodulen vorhanden sind.

Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung des Verfahrens nach einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, wenn das Programm auf einem Computer oder einer Steuervorrichtung ausgeführt wird.

Eine Steer-by-wire-Lenkung ist eine von einer mechanischen Lenkhandhabe, z.B. einem Lenkrad entkoppelte, zumeist elektromechanische Einheit. Aufgrund von Lenksignalen und einem oder mehreren Parametern wie z.B. einer Fahrzeuggeschwindigkeit, Lenkradwinkel, aktuell vorliegenden Lenkwinkeln an Vorder- und/oder Hinterachse, einer Gierbeschleunigung und/oder Querb beschleunigung des Fahrzeugs etc., werden in einer Steuervorrichtung Lenksignale generiert. Die Lenkbewegung erfolgt mittels zumindest eines Aktuators der Steer-by-wire-Lenkung, welcher vom Steuergerät Lenksignale erhält. Bspw. kann in dem Aktuator mittels eines Spindeltriebs eine Spindel oder Lenkstange linear verlagert werden, welche unmittelbar oder mittelbar mit Radträgern gelenkig gekoppelt ist. Durch die Verlagerung der Spindel können die Radträger um ihre Hochachse geschwenkt werden, so dass die

drehbar an den Radträgern gelagerten Räder mit einer Änderung der Radlenkwinkel des jeweiligen Radträgers beaufschlagt werden können.

Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs mit einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Getriebeeinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel für ein Fahrzeug mit einer Vorrichtung;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Rotors mit einer Mehrzahl von Anordnungsmöglichkeiten für eine Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 6 eine Diagrammdarstellung eines Drehmomentverlaufs einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 7 ein Schaltbild eines Wirkprinzips einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 8 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments für eine Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs unter Verwendung einer Variante einer hier vorgestellten Vorrichtung; und

Fig. 9 ein Blockschaltbild einer Steuervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel.

In der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs 100 mit einer Vorrichtung 105 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Vorrichtung 105 ist dabei ausgeformt, um ein Halte- und/oder Bremsmoment für eine Steer-by-wire-Lenkung 107 des

Fahrzeugs 100 zu erzeugen und/oder zu verändern. Die Steer-by-wire-Lenkung 107 ist in der Fig. 1 schematisch als Lenkeinheit zur Lenkung der Räder der Hinterachse dargestellt; der Fachmann wird jedoch zweifelsfrei erkennen, dass die Steer-by-wire-Lenkung 107 alternativ oder zusätzlich auch ausgebildet sein kann, die Räder einer Vorderachse des Fahrzeugs 100 zu lenken. Ein Fahrzeug kann auch an der Vorder- und der Hinterachse jeweils über eine separate Steer-by-wire-Lenkung verfügen. Das Fahrzeug 100 ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel als ein Personenkraftwagen (PKW) realisiert. Das Fahrzeug 100 weist hier eine durch die Steer-by-wire-Lenkung 107 gesteuerte Hinterachslenkung auf, sodass die Vorrichtung 105 im Bereich einer Hinterachse des Fahrzeugs 100 angeordnet ist. Das Fahrzeug 100 weist weiterhin eine Steuervorrichtung 110 auf, die ausgebildet ist, um ein Verfahren zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments für eine Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs unter Verwendung eines Ausführungsbeispiels der hier vorgestellten Vorrichtung 105 anzusteuern oder durchzuführen, wie es in Fig. 9 näher erläutert wird. Die Steuervorrichtung 110 ist beispielsweise als ein Steuergerät realisiert.

Die Vorrichtung 105 weist ein Kernelement 115, ein Permanentmagnetelement 120 sowie eine Spuleneinheit 125 auf, die in Fig. 2 näher beschrieben sind. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung 105 ein drehbewegliches Bauteil 130 des Antriebs der Steer-by-wire-Lenkung wie z.B. einen Rotor oder ein Riemenrad auf, das optional als Teil der Vorrichtung 105 ausgeformt ist oder beispielsweise Teil eines Getriebes eines Aktuators einer Steer-by-wire-Lenkung 107 ist, das mit der Vorrichtung 105 zusammenwirkt. Das drehbewegliche Bauteil 130 kann Teil einer in der Fig. 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellten elektrischen Maschine bzw. Getriebe, wie z.B. ein Rotor oder ein Riemenrad, sein, die ausgebildet ist, um eine Lenkkraft auf eine Gewindespindel und/oder eine Lenkstange auszuüben, sodass die Räder, hier der Hinterachse, alternativ oder zusätzlich auch der Vorderachse, gelenkt werden können.

Für einen nicht gelenkten, also passiven Zustand einer Hinterachslenkung des Fahrzeugs 100 sollte gewährleistet sein, dass dessen Wanderrate der Gewindespindel und/oder der Lenkstange ein definiertes Limit nicht überschreitet. Damit wird

verhindert, dass sich der Lenkwinkel nicht über ein zulässiges Maß in dem passiven Zustand verändert. Der passive Zustand kann bspw. auch vorliegen, wenn der Antrieb ausfällt oder ein Fehler oder eine Störung in der Lenkung vorliegt. Die Limitierung des Wanderns wird beispielsweise dadurch erreicht, dass gemäß Stand der Technik eine elektromechanische Sperre und/oder eine hohe mechanische Reibung in einem herkömmlichen Lenksystem konstruiert wird. Dieses lässt sich z.B. durch ein Spindelgetriebe mit einem niedrigen Wirkungsgrad, wie bspw. bei einem Trapezgewindetrieb, realisieren. Es wird damit eine Selbsthemmung in dem Gewindetrieb bewirkt, so dass sich das Wandern minimieren lässt. Da diese hohen Reibungen auch während eines aktiven Zustands vorhanden sind, werden bisher beispielsweise solche niedrigen Wirkungsgrade in Kauf genommen. Zur Überwindung der Reibkräfte ist die Antriebsmaschine, die beispielsweise auch als Antriebseinheit, Antrieb oder als elektrischer Motor bezeichnet wird, für ein erhöhtes Drehmoment ausgelegt. Damit einhergehend erhöht sich die Baugröße und auch ein Leistungsbedarf, welcher von einem Bordnetz des Fahrzeugs 100, beispielsweise von der Steuervorrichtung 110 zur Verfügung gestellt werden muss.

Vor diesem Hintergrund beschreibt der vorliegende Ansatz die Vorrichtung 105, die sich durch ein Verwenden einer magnetischen Reluktanzkraft auszeichnet, welche wiederum in einem passiven Zustand der Vorrichtung 105 eine Bewegung des Riemenrades 130 verhindert. Die Vorrichtung 105 mit dem Riemenrad 130 wird beispielsweise auch als Aktuator bezeichnet. Durch diese Maßnahme unter Ausnutzung der Reluktanzkraft kann ein Getriebe mit einem hohen Wirkungsgrad, wie bspw. ein Kugelgewindetrieb oder auch ein Rollgewindetrieb eingesetzt werden. Aufgrund der stark reduzierten mechanischen Reibung kann ein deutlich kleiner bauender Antrieb verwendet werden. Damit lässt sich in vorteilhafter Weise Bauraum an der Achse eines Pkw sparen. Zudem wird für einen kleineren Antrieb weniger elektrische Leistung benötigt und der Antrieb ist kostengünstiger.

Der vorgestellte Ansatz umfasst weiterhin optional einen Kompensationsmechanismus, der die wirkende Kraft zum Halten und/oder Bremsen während des aktiven Betriebs teilweise oder ganz kompensiert. Die Vorrichtung 105 nutzt zur Krafterzeugung die Reluktanzkraft. Diese wirkt derart, dass sich der magnetische Widerstand, die

Reluktanz, verringert. Der Aufbau besteht beispielsweise aus einem Stator aus ferromagnetischem Material, der gemäß diesem Ausführungsbeispiel als Kernelement 115 bezeichnet ist, mit einem integrierten Permanentmagnetelement 120 und einer zusätzlichen Kompensationswicklung, die als Spuleneinheit 125 beschrieben ist. Das drehbewegliche Bauteil 130 weist ebenfalls ein ferromagnetisches Material auf und weist optional ausgeprägte Zähne auf. Bei inaktiver Kompensationswicklung, die auch als Spuleneinheit 125 bezeichnet ist, wirkt die Reluktanzkraft derart, dass das drehbewegliche Bauteil 130 in einer arretierten Position gehalten wird, wie es in Fig. 1 dargestellt ist.

Im aktiven Betrieb der Vorrichtung 105 wird ein elektrischer Strom durch die Spuleneinheit 125 geleitet, der ein magnetisches Feld hervorruft, das dem des Permanentmagnetelements 120 entgegenwirkt. Dadurch wird der magnetische Fluss reduziert oder der magnetische Fluss zum Erliegen gebracht und die Reluktanzkraft wird kompensiert. Dann kann das drehbewegliche Bauteil quasi frei drehen.

Der vorgestellte Ansatz ist beispielsweise für ein Achskonzept mit als Hinterachslenkung ausgebildeter Steer-by-wire-Lenkung einsetzbar, welches einen hohen Wirkungsgrad aufweist und somit effizient und performant ist. Um ein Wandern in der Steer-by-wire-Lenkung aufgrund von Quer- und/oder Seitenkrafteinflüssen zu minimieren oder zu verhindern, wird daher unter Verwendung des Permanentmagnetelements 120 durch die magnetische Flussführung ein Rastmoment an dem als Riemennrad oder Rotor realisierbaren drehbeweglichen Bauteil 130 erzeugt. Anders ausgedrückt wird ein mechatronisches System zur Erzeugung eines auf Reluktanzkräften basierenden schaltbaren Rastmoments vorgestellt, das hier als Rastmomentbremse für eine Steer-by-wire-Lenkung, insbesondere ausgebildet als Hinterachslenkung, bezeichnet wird.

Das Permanentmagnetelement 120 und die Spuleneinheit 125 sind dabei parallel geschaltet. Optional umfasst die Vorrichtung 105 eine zusätzliche Sensoreinheit 135, wie beispielsweise einen Strom-, Magnetfluss-, Winkel- und/oder Temperatursensor, um einerseits auf unterschiedliche Umwelteinflüsse wie Temperaturschwankungen reagieren zu können. Andererseits soll ein variierender magnetischer Fluss, der

durch unterschiedliche Zahnpositionen des drehbeweglichen Bauteils 130 hervorgerufen wird, über einen variierenden Spulenstrom kompensiert werden.

Eine Position des drehbewegliche Bauteils 130 als Riemenrad ist daher bei der Ansteuerung der Spuleneinheit 125 zur Erzeugung des Halte- und/oder Bremsmoments zu berücksichtigen, um einen so genannten Fail-Safe-Zustand sicherzustellen. Der vorgestellte Ansatz nutzt zusammenfassend gesagt die Reluktanzkraft zur Erzeugung eines Halte- und/oder Bremsmoments, welches auch als Rastmoment bezeichnet wird.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung 105 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Vorrichtung 105 entspricht beispielsweise der in Fig. 1 beschriebenen Vorrichtung 105 und ist ebenfalls in einem Fahrzeug realisierbar, wie es beispielsweise in Fig. 1 beschrieben wurde. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Vorrichtung 105 mittels einer Schnittdarstellung gezeigt. Die Vorrichtung 105 weist das Kernelement 115 auf, das wiederum einen Wicklungsbereich 200 und einen dem Wicklungsbereich 200 gegenüberliegenden Wirkbereich 205 aufweist. Weiterhin weist die Vorrichtung 105 ein Permanentmagnetelement 120 zum Erzeugen eines Magnetfelds auf. Das Permanentmagnetelement 120 ist zwischen dem Wicklungsbereich 200 und dem Wirkbereich 205 angeordnet und ist ausgebildet, um im Wirkbereich 205 unter Verwendung des Magnetfelds ein Bremsmoment zu erzeugen. Die Vorrichtung 105 weist zudem eine Spuleneinheit 125 auf, die im Wicklungsbereich 200 um das Kernelement 115 gewickelt und parallel zu dem Permanentmagnetelement 120 angeordnet ist. Die Spuleneinheit 125 ist weiterhin ausgebildet, um eine Richtung des Magnetfelds zu verändern, um weiterhin das wirkende Bremsmoment zu verändern.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel weist das Kernelement 115 einen ersten Kernelementteil 210 und einen zweiten Kernelementteil 215 auf. Der erste Kernelementteil 210 und der zweite Kernelementteil 215 sind gemäß diesem Ausführungsbeispiel beabstandet zueinander angeordnet, sodass zwischen ihnen ein Luftspalt 220 ausgeformt ist. Der Luftspalt 220 ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel im Wicklungsbereich 200 angeordnet und wird von der Spuleneinheit 125 überbrückt, sodass die

Kernelementteile 210, 215 miteinander verbunden sind. Die Kernelementteile 210, 215 sind dabei lediglich optional L-förmig realisiert, wobei jeweils ihre kurze Seite in Richtung des jeweils anderen Kernelementteils 210, 215 zeigt und somit den Luftspalt 220 begrenzt. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung 105 einen Rotor 130 auf, der im Wirkbereich 205 des Kernelements 115 angeordnet ist. Der Rotor 130 ist hier lediglich beispielhaft und kann auch als ein Riemenrad oder als eine Spindel realisiert sein. Der Rotor 130 kann beispielsweise als ein drehbarer Teil einer elektrischen Maschine drehfest als Rotor der elektrischen Maschine ausgebildet sein, die zur Ausübung einer Lenkkraft auf die Räder der Hinterachse bzw. Vorderachse vorgesehen oder ausgebildet ist. Der Rotor 130 ist weiterhin beabstandet zu dem Kernelement 115 angeordnet, sodass zwischen dem Rotor 130 und den Kernelementteilen 210, 215 jeweils ein weiterer Luftspalt 225 angeordnet ist. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist der weitere Luftspalt 225 kleiner ausgeformt als der Luftspalt 220. Das bedeutet, dass ein Abstand zwischen dem ersten Kernelementteil 210 und dem zweiten Kernelementteil 215 größer ist als ein Abstand zwischen dem Kernelement 115 und dem Rotor 130. Dadurch, dass der weitere Luftspalt 225 kleiner ist als der Luftspalt 220 ist das Magnetfeld des Permanentmagnetelements 120 in Richtung des Rotors 130 gerichtet und zieht diesen beispielsweise an, sodass das Bremsmoment erzeugt wird. Der Rotor 130 weist optional Rastzähne auf, die mittels der Reluktanzkraft in Richtung des Permanentmagnetelements 120 gezogen werden.

Lediglich optional ist der Rotor 130 auch als vorrichtungsexterner Rotor 130 realisierbar. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel weist das Kernelement 115 und/oder der Rotor 130 ein ferromagnetisches Material auf, was beispielsweise eine Wirkung des Magnetfelds unterstützt.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung 105. Die in Fig. 3 dargestellte Vorrichtung 105 entspricht oder ähnelt mindestens der in Fig. 2 beschriebenen Vorrichtung 105 und ist beispielsweise für ein Fahrzeug nutzbar, wie es in Fig. 1 beschrieben wurde. Auch gemäß diesem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung 105 das Kernelement 115, das Permanentmagnetelement 120 sowie die Spuleneinheit 125 auf. Auch das drehbewegliche Bauteil 130 ist

gemäß diesem Ausführungsbeispiel als Teil der Vorrichtung 105 ausgeformt. Schematisch wird hier ein Rotor 330 dargestellt. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel weist der Rotor 330 eine Mehrzahl von Rastzähnen 300 auf. Insbesondere ist ein Abstand des Rotors 330 zum Kernelement 115 im Wirkbereich 205 aufgrund der Rastzähne 300 bei einer Drehung des Rotors 330 variierbar.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Getriebeeinrichtung 400 gemäß einem Ausführungsbeispiel für ein Fahrzeug mit einer Vorrichtung 105. Die Getriebeeinrichtung 400 ist beispielsweise in einem Fahrzeug angeordnet, wie es in Fig. 1 beschrieben wurde. Die dargestellte Vorrichtung 105 ähnelt beispielsweise der in einer der Figuren 2 oder 3 beschriebenen Vorrichtung 105. Die Vorrichtung 105 ist lediglich optional als Teil der Getriebeeinrichtung 400 realisiert oder realisierbar. Die Vorrichtung 105 ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel quer zu einer Haupterstreckungsachse 405 des Riemenrades 430 angeordnet. Das Riemenrad 405 ist dabei gemäß diesem Ausführungsbeispiel auf einer Spindel 415, die auch als Lenkstange bezeichnet werden kann, angeordnet. Die Spindel 415 ist dabei quer zu der Haupterstreckungsachse 405 angeordnet. Weiterhin weist die Getriebeeinrichtung 400 gemäß diesem Ausführungsbeispiel eine Antriebseinheit 410 auf, die beispielsweise auch als Motor bezeichnet wird. Wie zuvor bereits ausgeführt kann der Motor eine Lenkkraft auf Räder der Hinter- bzw. Vorderachse ausüben, wobei diese Lenkkraft gemäß dem in der Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel über die Spindel 415 übertragen wird. Die Antriebseinheit 410 ist beispielsweise ausgebildet, um das Riemenrad 430 drehbar anzutreiben und somit um die Spindel entlang ihrer Längsachse zu verlagern. Die Antriebseinheit besteht hier aus dem Motor 410, dessen Rotation mittels eines Riemens 420 auf das Riemenrad übertragen wird. Das Riemenrad 430 ist ortsfest angeordnet und weist ein Innengewinde auf, welches mit dem Außengewinde der Spindel 415 in Eingriff ist. Es wird so die Rotation des Motors in eine Translation der Spindel 415 umgewandelt. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Antriebseinheit 410 parallel zu der Vorrichtung 105 angeordnet.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines Riemenrades 430 mit einer Mehrzahl von Anordnungsmöglichkeiten 500, 505, 510 für eine Vorrichtung 105 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das Riemenrad 430 ist dabei als eine Riemenscheibe

derart ausgeformt, dass es eine Mehrzahl von Rastzähnen 300 aufweist. Die im Folgenden beschriebenen Anordnungsmöglichkeiten 500, 505, 510 repräsentieren jeweils eine Position der Vorrichtung 105 im Bezug zum Riemenrad 430. Die Vorrichtung 105 ähnelt beispielsweise der in einer der Figuren 2 bis 4 beschriebenen Vorrichtung 105.

Eine erste Anordnungsmöglichkeit 500 zeigt die Vorrichtung 105 angrenzend an einen Außenrand des Riemenrades 430. Die Vorrichtung 105 ist dabei beispielsweise auf einer gemeinsamen Ebene mit dem Riemenrad 430 angeordnet. Eine Flussrichtung des Magnetfelds ist in diesem Fall radial. Das bedeutet, dass das Magnetfeld auf der Ebene des Riemenrades 130 verläuft. Das Permanentmagnetelement 120 ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel parallel zu der Spuleneinheit 125 angeordnet.

Eine zweite Anordnungsmöglichkeit 505 zeigt die Vorrichtung 105 auf Höhe der Rastzähne 300 des Riemenrades 430, sodass das Magnetfeld axial zum Riemenrad 430 wirkt. Gemäß der zweiten Anordnungsmöglichkeit erstreckt sich die Vorrichtung 105 auf einer quer zu einer Haupterstreckungsachse 405 des Riemenrades 430 liegenden Achse. Die zweite Anordnungsmöglichkeit 505 entspricht dabei der in Fig. 4 beschriebenen Anordnung der Vorrichtung 105 im Bezug zum Motor 410.

Während eine Öffnung 515 des Kernelements 115 der Vorrichtung 105 in der ersten Anordnungsmöglichkeit 500 in Richtung eines Mittelpunkts 520 des Riemenrades 430 zeigt, zeigt die Öffnung 515 in einer dritten Anordnungsmöglichkeit 510 der Vorrichtung 105 in eine dem Mittelpunkt 520 entgegengesetzte Richtung.

Anders ausgedrückt ist die Statorkomponente mit dem ferromagnetischem Kernelement 115, dem Permanentmagnetelement 120 und der auch als Kompensationswicklung bezeichneten Spuleneinheit 125 dargestellt. Die erste Anordnungsmöglichkeit 500 ist dabei außen am Riemenrad 430 angeordnet, sodass das Magnetfeld eine radiale Flussrichtung aufweist. Die zweite Anordnungsmöglichkeit 505 ist seitlich am Riemenrad 430 orientiert, sodass das Magnetfeld eine radiale Flussrichtung der dazugehörigen Feldlinien aufweist. Die dritte Anordnungsmöglichkeit 510 ist innen am

Riemenrad 430 angeordnet, sodass das Magnetfeld ebenfalls eine radiale Flussrichtung aufweist.

Fig. 6 zeigt eine Diagrammdarstellung eines Drehmomentverlaufs einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die dargestellten Kurven zeigen dabei das Wirkprinzip der Vorrichtung. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel sind dabei zwei Diagramme dargestellt. Ein erstes Diagramm 600 repräsentiert dabei anhand einer ersten Kurve 605 eine magnetische Wirkkraft des von dem Permanentmagnetelement ausgehenden und auf den Rotor wirkenden Magnetfelds. Der Rotor weist beispielsweise die Mehrzahl von Rastzähnen auf, auf welche beispielsweise der in Fig. 6 dargestellte Zickzack-Verlauf der Kurve 605 zurückzuführen ist. Je weiter sich ein Rastzahn dem Magnetfeld nähert, desto stärker wirkt das Magnetfeld auf den Rastzahn. Umgekehrt wirkt das Magnetfeld schwächer auf den Rastzahn, je weiter sich dieser von dem Magnetfeld entfernt. Dazu muss die Anziehungskraft jedoch zunächst überwunden werden, die weiterhin auf den Rastzahn wirkt und versucht, den Rastzahn in einer für die Feldlinien des Magnetfelds günstigen Position zu halten, wodurch ein negatives Drehmoment erzeugt wird. Ein zweites Diagramm 610 repräsentiert anhand einer zweiten Kurve 615 das Drehmoment unter Verwendung der mittels der ersten Kurve 605 dargestellten magnetischen Wirkkraft. Das bedeutet, dass gemäß diesem Ausführungsbeispiel dem Magnetfeld entgegengewirkt wird, wenn ein Schwellwert erreicht wird. Beispielsweise beziehen sich die Kurven 605, 615 auf einen drehenden Rotor.

Anders ausgedrückt ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel ein qualitativer Drehmomentverlauf der Vorrichtung und/oder des drehbewegliche Bauteils (z.B. Rotor, Riemenrad) dargestellt. Halte-Positionen sind dabei durch Striche 620 gekennzeichnet. Es ist ersichtlich, dass bei einer Auslenkung in eine negative Richtung ein Rückstellmoment in positive Richtung wirkt. Andersrum wirkt bei einer Auslenkung in eine positive Richtung ein negatives Moment.

Fig. 7 zeigt ein Schaltbild eines Wirkprinzips einer Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das Schaltbild wird beispielsweise auf eine Vorrichtung bezogen, wie sie in einer der Figuren 1 bis 5 beschrieben wurde. Das Schaltbild zeigt dabei, dass

ein durch das Permanentmagnetelement bewirkter Stromfluss I_{mag} in Richtung des durch den als weiterer Luftspalt ausgeformten Widerstand R_L fließt, beziehungsweise das Magnetfeld des Permanentmagnetelements in diese Richtung wirkt. Wird dagegen an die Spuleneinheit eine Spannung U_{coil} angelegt, wird das Magnetfeld des Permanentmagnetelements umgelenkt und ein Stromfluss I_{coil} passiert einen Widerstand R_1 , der als der durch die Spuleneinheit überbrückte Luftspalt ausgeformt ist. Daraus ergibt sich

$$I_L = 1/(R_L + R_1) * U_{\text{coil}} + R_1/(R_L + R_1) * I_{\text{mag}}$$

mit dem Ziel, dass $I_L = 0$ und folglich $U_{\text{coil}} = -R * I_{\text{mag}}$ ist.

Fig. 8 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 800 gemäß einem Ausführungsbeispiel zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments für eine Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs unter Verwendung eines Ausführungsbeispiels einer hier vorgestellten Vorrichtung. Das Verfahren wird beispielsweise für eine Vorrichtung durchgeführt oder angesteuert, wie sie beispielsweise in einer der Figuren 1 bis 5 beschrieben wurde. Das Verfahren 800 umfasst dabei einen Schritt 805 des Erzeugens eines Magnetfelds zwischen dem Wicklungsbereich und dem Wirkbereich des Kernelements unter Verwendung eines Permanentmagnetelements, um im Wirkbereich ein Halte- und/oder Bremsmoment für den Rotor zu bewirken sowie einen Schritt 810 des Anlegens einer elektrischen Spannung an eine im Wicklungsbereich des Kernelements gewickelte Spuleneinheit, um eine Richtung des von dem Permanentmagnetelement erzeugten Magnetfelds zu verändern, um das wirkende Halte- und/oder Bremsmoment zu verändern. Lediglich optional umfasst das Verfahren einen Schritt 815 des Einlesens von Fahrzeugdaten, wie beispielsweise eines Magnetflusses oder eines Winkels, und/oder von Umweltdaten, wie z. B. eine Temperatur des Permanentmagneten unter Verwendung einer Sensoreinheit. Die Fahrzeugdaten können Zustände oder Betriebsparameter innerhalb der Steer-by-wire-Lenkung abbilden, wie beispielsweise einen Strom, der einer Winklung einer elektrischen Maschine zur Ausführung einer Lenkbewegung beaufschlagt wird oder ein auf zumindest eine mechanische Komponente der Steer-by-wire-Lenkung wirkendes Moment. Alternativ oder zusätzlich können die Fahrzeugdaten auch einen

Magnetfluss oder einen Winkel des Rotors abbilden. In einem Schritt 820 des Auswertens werden die eingelesenen Fahrzeugdaten und/oder die eingelesenen Umweltdaten ausgewertet, um ein Auswerteergebnis zu erhalten, das einen aktuellen Wirkzustand der Vorrichtung und/oder der Steer-by-wire-Lenkung repräsentiert. Im Schritt 810 des Anlegens wird die elektrische Spannung in Abhängigkeit von dem Auswerteergebnis angelegt.

Fig. 9 zeigt ein Blockschaltbild einer Steuervorrichtung 110 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Steuervorrichtung 110 ist ausgebildet, um ein Verfahren zum Verändern eines Bremsmoments für eine Vorrichtung durchzuführen oder anzusteuern, wie es beispielsweise in Fig. 8 beschrieben wurde. Die Steuervorrichtung 110 weist dazu eine Einleseeinheit 900 auf, die ausgebildet ist, um Fahrzeugdaten 905, wie beispielsweise eines Magnetflusses oder eines Winkels, und/oder von Umweltdaten 910 unter Verwendung der Sensoreinheit 135 einzulesen. Weiterhin weist die Steuervorrichtung 110 eine Erzeugungseinheit 915, eine Auswerteeinheit 920 und eine Anlegeeinheit 925 auf. Die Erzeugungseinheit 915 ist ausgebildet, um ein Erzeugen eines Magnetfelds zwischen dem Wicklungsbereich und dem Wirkbereich des Kernelements unter Verwendung eines Permanentmagnetelements zu bewirken, um im Wirkbereich ein Halte- und/oder Bremsmoment zu bewirken. Die Auswerteeinheit 920 ist ausgebildet, um die eingelesenen Fahrzeugdaten und/oder die eingelesenen Umweltdaten auszuwerten, um ein Auswerteergebnis 930 zu erhalten, das einen aktuellen Wirkzustand der Vorrichtung und/oder der Steer-by-wire-Lenkung repräsentiert. Die Anlegeeinheit 925 ist ausgebildet, um eine elektrische Spannung 935 an eine im Wicklungsbereich des Kernelements gewickelte Spuleneinheit anzulegen, um eine Richtung des von dem Permanentmagnetelement erzeugten Magnetfelds zu verändern, um das wirkende Halt- und/oder Bremsmoment zu verändern.

Ferner können erfindungsgemäße Verfahrensschritte wiederholt sowie in einer anderen als in der beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden.

Bezugszeichen

100	Fahrzeug
105	Vorrichtung
107	Steer-by-wire-Lenkung
110	Steuervorrichtung
115	Kernelement
120	Permanentmagnetelement
125	Spuleneinheit
130	drehbewegliches Bauteil, Rotor, Riemenrad
135	Sensoreinheit
200	Wicklungsbereich
205	Wirkbereich
210	erstes Kernelementteil
215	zweites Kernelementteil
220	Luftspalt
225	weiterer Luftspalt
300	Rastzahn
330	Rotor
400	Getriebeeinrichtung
405	Haupterstreckungsachse
410	Motor
415	Spindel
420	Riemen
430	Riemenrad
500	erste Anordnungsmöglichkeit
505	zweite Anordnungsmöglichkeit
510	dritte Anordnungsmöglichkeit
515	Öffnung

520	Mittelpunkt
600	erstes Diagramm
605	Kurve
610	zweites Diagramm
615	zweite Kurve
620	Striche
800	Verfahren zum Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments
805	Schritt des Erzeugens
810	Schritt des Anlegens
815	Schritt des Einlesens
820	Schritt des Auswertens
900	Einleseseinheit
905	Fahrzeugdaten
910	Umweltdaten
915	Erzeugungseinheit
920	Auswerteeinheit
925	Anlegeeinheit
930	Auswerteergebnis
935	elektrische Spannung
I_{mag}	Stromfluss
R_L	Widerstand
U_{coil}	Spannung
I_{coil}	Stromfluss
R_1	Widerstand

Patentansprüche

1. Vorrichtung (105) zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments einer Steer-by-wire-Lenkung (107) eines Fahrzeugs (100), wobei die Vorrichtung (105) die folgenden Merkmale aufweist:

ein Kernelement (115) mit einem Wicklungsbereich (200) und einem dem Wicklungsbereich (200) gegenüberliegenden Wirkbereich (205);

ein Permanentmagnetelement (120) zum Erzeugen eines Magnetfelds, das an dem Kernelement (115) zwischen dem Wicklungsbereich (200) und dem Wirkbereich (205) angeordnet ist, wobei das Permanentmagnetelement (120) ausgebildet ist, um im Wirkbereich (205) unter Verwendung des Magnetfelds ein Halte- und/oder Bremsmoment für ein drehbewegliches Bauteil (130, 330, 430) zu erzeugen; und

eine Spuleneinheit (125), die im Wicklungsbereich (200) um das Kernelement (115) gewickelt ist und parallel zu dem Permanentmagnetelement (120) angeordnet ist, wobei die Spuleneinheit (125) ausgebildet ist, um unter Verwendung einer elektrischen Spannung (935) eine Richtung des Magnetfelds zu verändern, um das wirkende Halte- und/oder Bremsmoment für das drehbewegliche Bauteil (130, 330, 430) zu verändern.

2. Vorrichtung (105) gemäß Anspruch 1, wobei das Kernelement (115) einen ersten Kernelementteil (210) und einen zweiten Kernelementteil (215) aufweist, wobei der erste Kernelementteil (210) beabstandet zu dem zweiten Kernelementteil (215) angeordnet ist.

3. Vorrichtung (105) gemäß Anspruch 2, wobei die Spuleneinheit (125) ausgebildet ist, um den ersten Kernelementteil (210) und den zweiten Kernelementteil (215) im Wicklungsbereich (200) miteinander zu verbinden.

4. Vorrichtung (105) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei ein Abstand zwischen dem ersten Kernelementteil (210) und dem zweiten Kernelementteil (215)

größer ist als ein Abstand zwischen dem Kernelement (115) und dem drehbeweglichen Bauteil (130, 330, 430).

5. Vorrichtung (105) gemäß Anspruch 4, mit dem drehbeweglichen Bauteil (130), der im Wirkbereich (205) des Kernelements (115) angeordnet ist und/oder der als ein Riemenrad, als ein Rotor oder als eine Spindel (415) ausgeformt ist.

6. Vorrichtung (105) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das drehbewegliche Bauteil (130, 330, 430) eine Mehrzahl von Rastzähnen (300) aufweist, insbesondere wobei ein Abstand des drehbeweglichen Bauteils (130, 330, 430) zum Kernelement (115) im Wirkbereich (205) aufgrund der Rastzähne (300) bei einer Drehung des drehbeweglichen Bauteils (130, 330, 430) variierbar ist.

7. Vorrichtung (105) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Kernelement (115) ein ferromagnetisches Material aufweist.

8. Fahrzeug (100) mit einer Steer-by-wire-Lenkung (107) und einer der Steer-by-wire-Lenkung (107) zugeordneten Vorrichtung (105) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche.

9. Verfahren (800) zum Erzeugen und/oder Verändern eines Halte- und/oder Bremsmoments für eine Steer-by-wire-Lenkung (107) eines Fahrzeugs (100) unter Verwendung einer Vorrichtung (105) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Verfahren (800) die folgenden Schritte umfasst:

Erzeugen (805) eines Magnetfelds zwischen dem Wicklungsbereich (200) und dem Wirkbereich (205) des Kernelements (115) unter Verwendung eines Permanentmagnetelements (120), um im Wirkbereich (205) ein Halte- und/oder Bremsmoment zu bewirken; und

Anlegen (810) einer elektrischen Spannung (935) an eine im Wicklungsbereich (200) des Kernelements (115) gewickelte Spuleneinheit (125), um eine Richtung des von dem Permanentmagnetelement (120) erzeugten Magnetfelds zu verändern, um das

wirkende Halte- und/oder Bremsmoment an dem drehbeweglichen Bauteil (130, 330, 430) zu verändern.

10. Verfahren (800) gemäß Anspruch 9, mit einem Schritt (815) des Einlesens von Fahrzeugdaten (905) und/oder Umweltdaten (910) unter Verwendung einer Sensoreinheit (135), und mit einem Schritt (820) des Auswertens der eingelesenen Fahrzeugdaten (905) und/oder der eingelesenen Umweltdaten (910), um ein Auswertergebnis (930) zu erhalten, das einen aktuellen Wirkzustand der Vorrichtung (105) und/oder der Steer-by-wire-Lenkung (107) repräsentiert, und wobei im Schritt (810) des Anlegens die elektrische Spannung (935) in Abhängigkeit von dem Auswertergebnis (930) angelegt wird.

11. Steuervorrichtung (110), die eingerichtet ist, um die Schritte (805, 810, 815, 820) des Verfahrens (800) gemäß einem der Ansprüche 9 bis 10 in entsprechenden Einheiten (900, 915, 920, 925) auszuführen und/oder anzusteuern.

12. Computerprogramm, das dazu eingerichtet ist, die Schritte (805, 810, 815, 820) des Verfahrens (800) gemäß einem der Ansprüche 9 bis 10 auszuführen und/oder anzusteuern.

13. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 12 gespeichert ist.

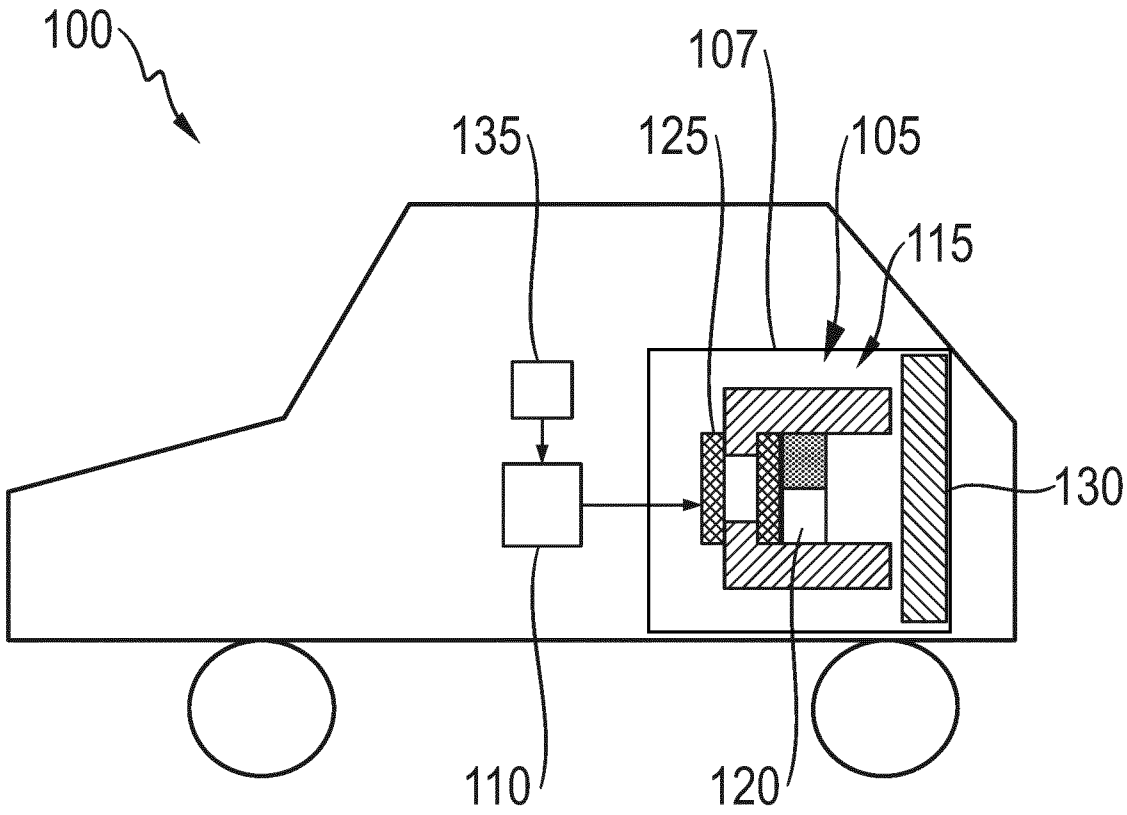


Fig. 1

2/6

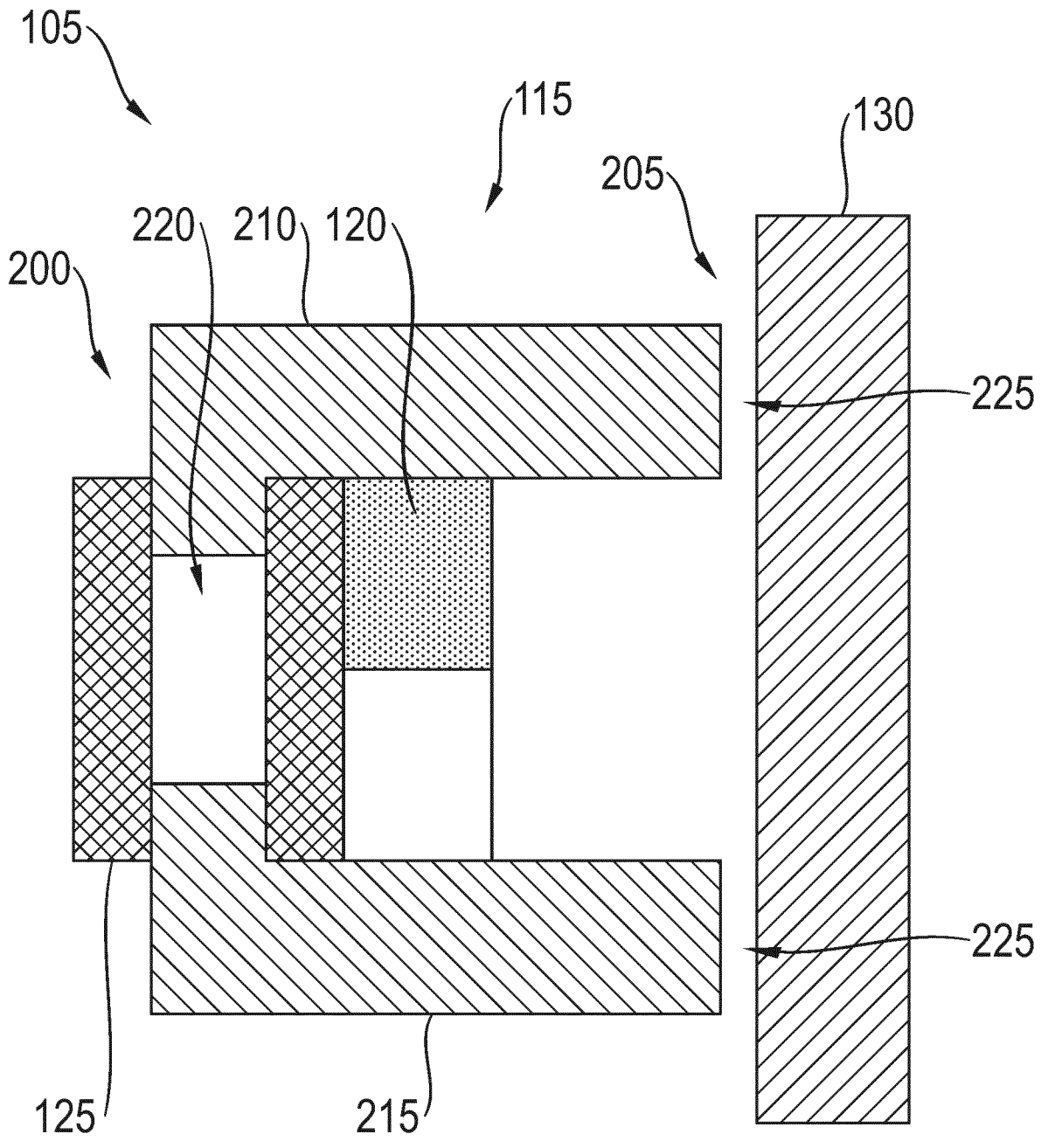


Fig. 2

3/6

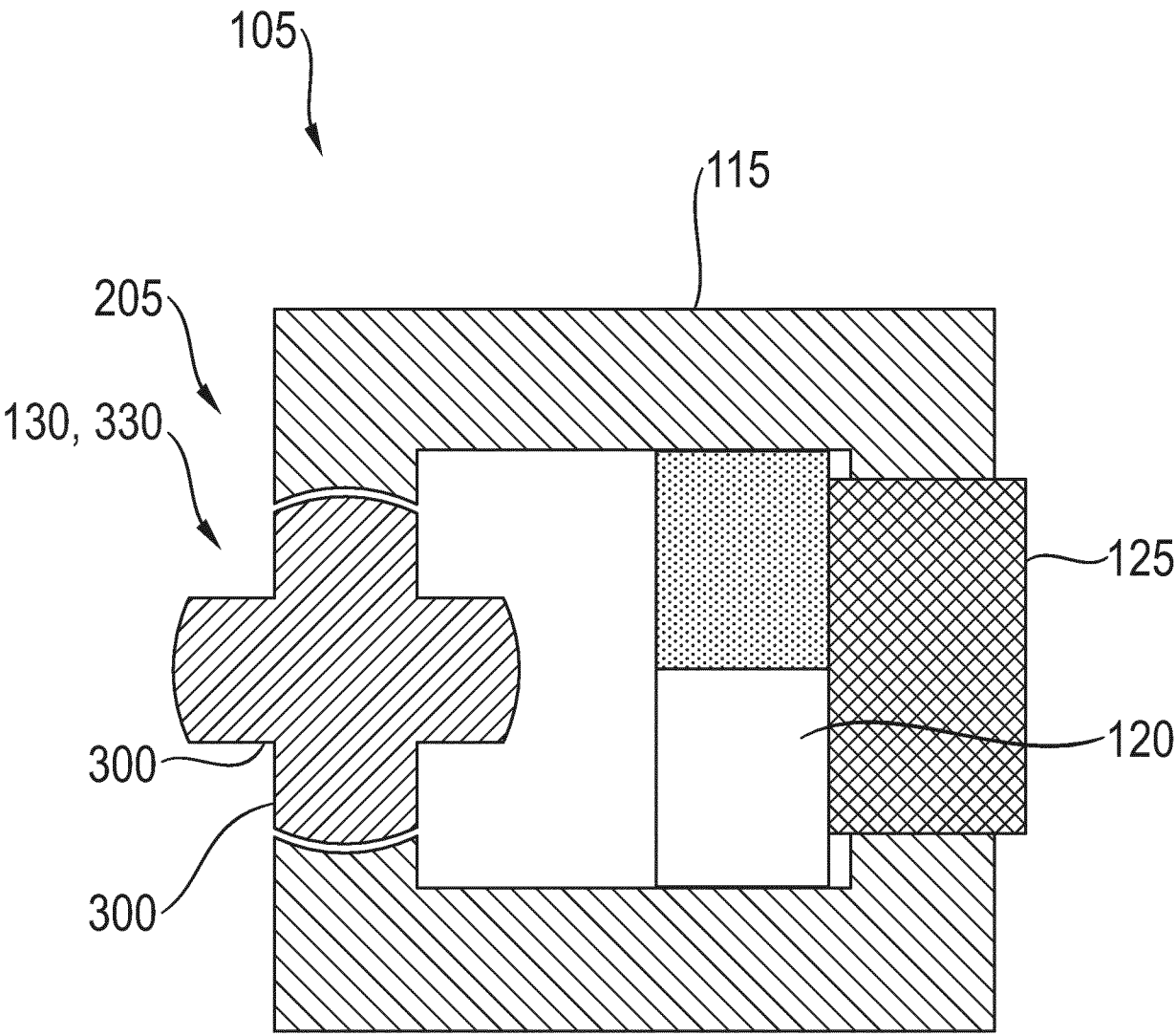


Fig. 3

4/6

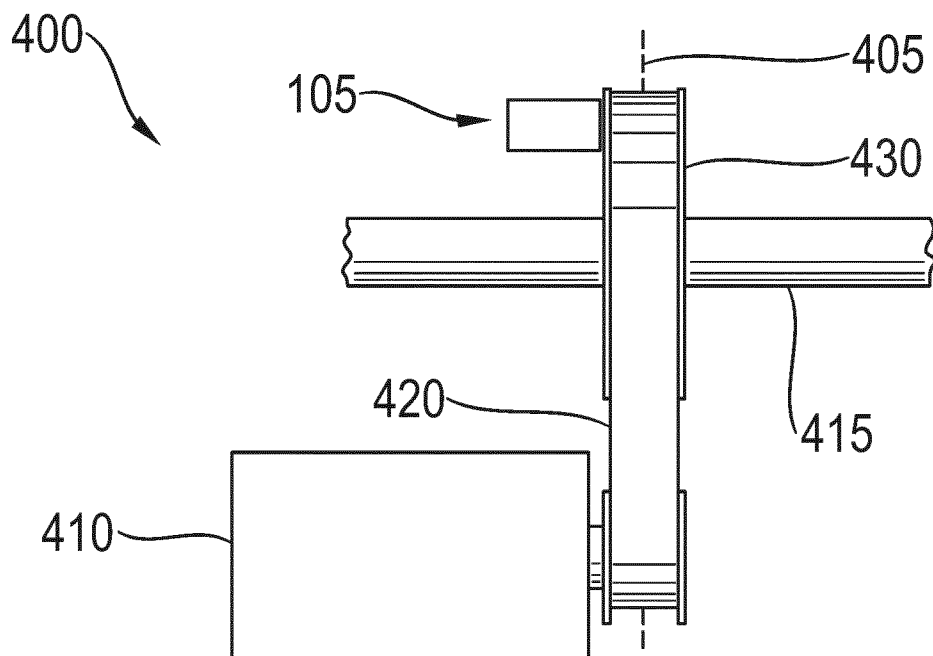


Fig. 4

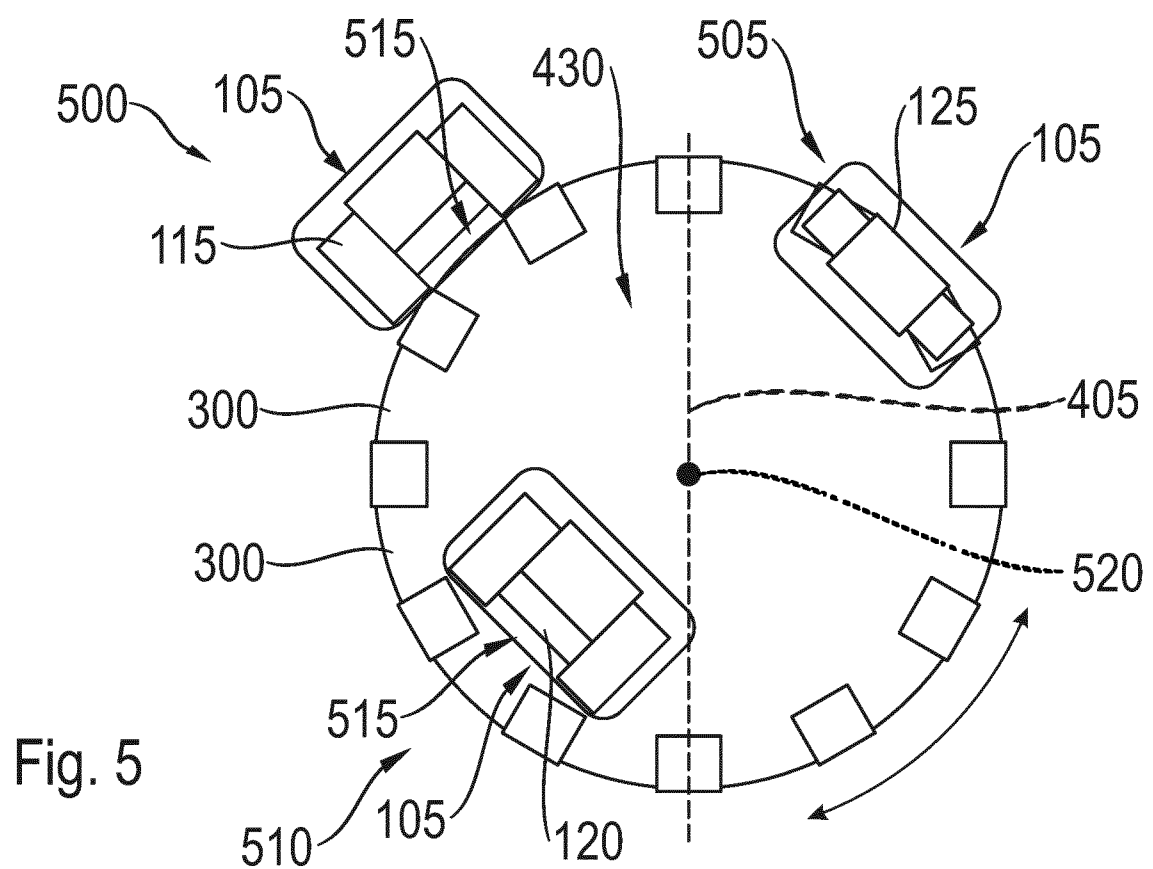


Fig. 5

5/6

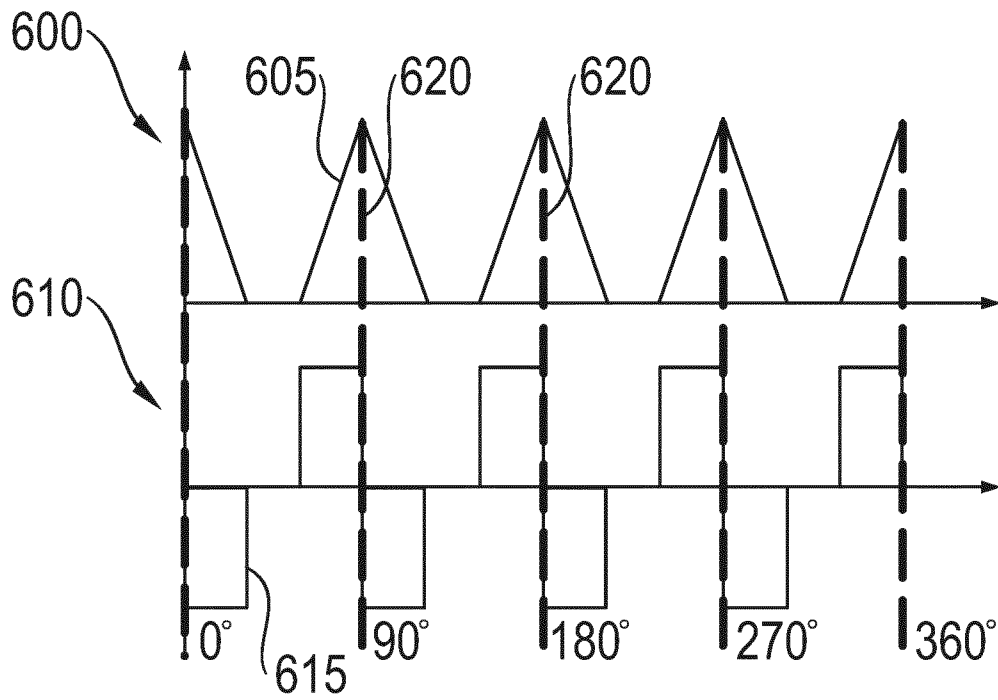


Fig. 6

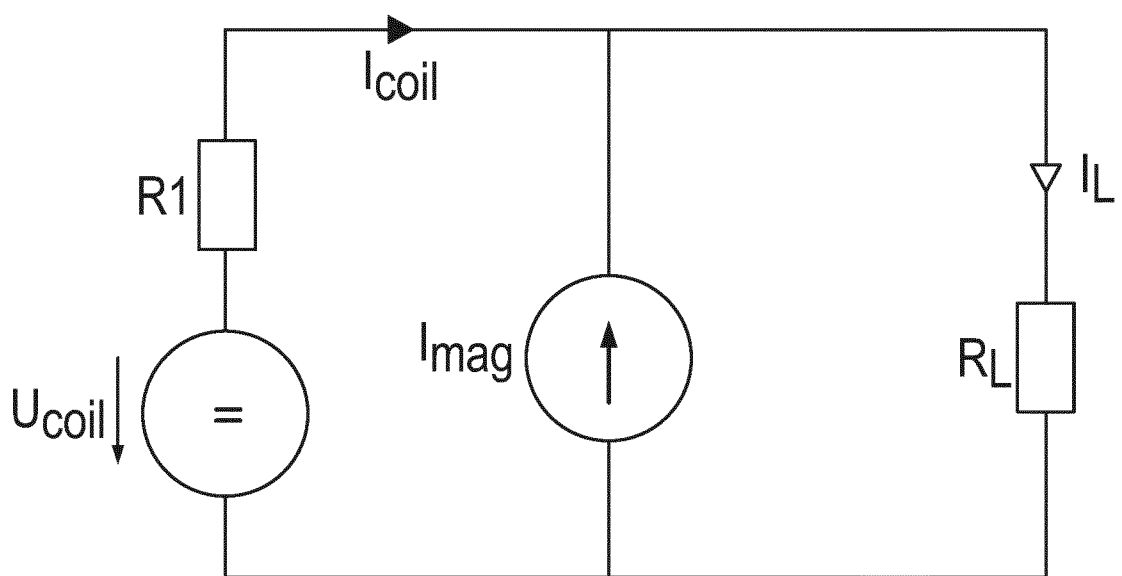


Fig. 7

6/6

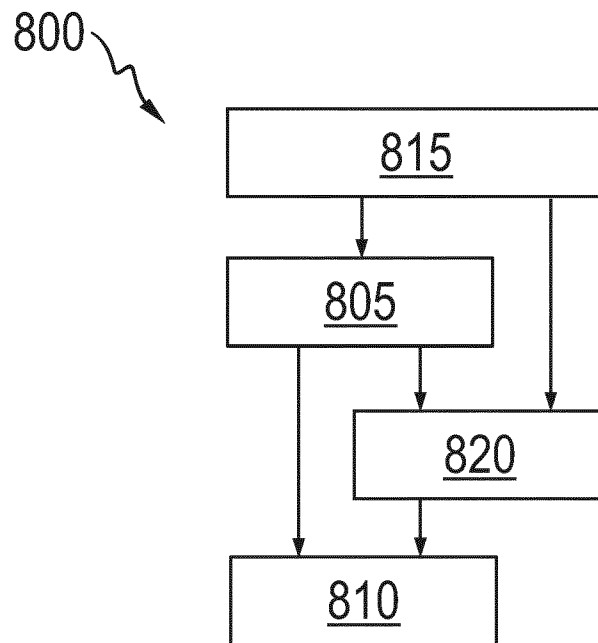


Fig. 8

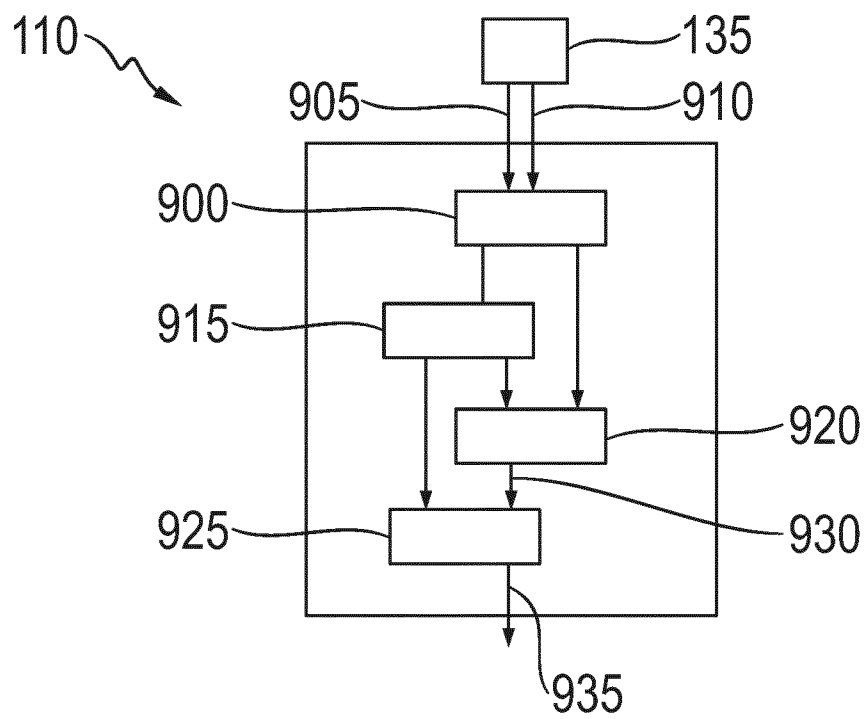


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/076477**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B62D 7/14**(2006.01)i; **B62D 7/15**(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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102018102216 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]) 01 August 2019 (2019-08-01) paragraphs [0026] - [0029], [0042] - [0046]; figures 2, 7, 15a-15c	1-13

☐ 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

27 January 2023

Date of mailing of the international search report

03 February 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Areal Calama, A

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/076477

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102018102216	A1	01 August 2019	CN	111670535	A	15 September 2020
				DE	102018102216	A1	01 August 2019
				EP	3747115	A1	09 December 2020
				US	2021061345	A1	04 March 2021
				WO	2019149713	A1	08 August 2019

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B62D7/14 B62D7/15 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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2018 102216 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]) 1. August 2019 (2019-08-01) Absätze [0026] - [0029], [0042] - [0046]; Abbildungen 2, 7, 15a-15c -----	1-13
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27. Januar 2023		03/02/2023
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/EP2022/076477

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102018102216 A1	01-08-2019	CN 111670535 A	15-09-2020
		DE 102018102216 A1	01-08-2019
		EP 3747115 A1	09-12-2020
		US 2021061345 A1	04-03-2021
		WO 2019149713 A1	08-08-2019
