



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 112 380.1**

(22) Anmeldetag: **12.05.2021**

(43) Offenlegungstag: **12.05.2022**

(51) Int Cl.: **G01B 7/30 (2006.01)**

B62D 5/04 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074
Herzogenaurach, DE**

(72) Erfinder:

Lindenmayr, Thomas, 90489 Nürnberg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

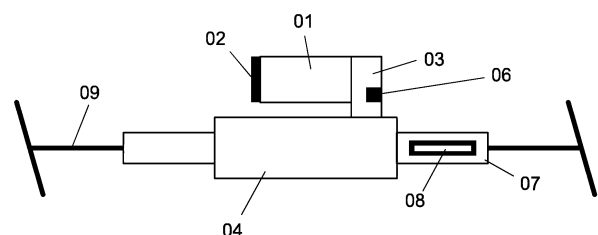
DE	195 06 938	A1
DE	10 2012 202 662	A1
DE	10 2016 212 173	A1
DE	10 2019 118 397	A1
DE	10 2019 125 309	A1
DE	10 2019 127 297	A1
DE	10 2019 208 140	A1
DE	10 2019 218 701	A1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Lenkaktuator für ein Fahrzeug und Verfahren zu dessen Betrieb**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Lenkaktuator zum Schwenken mindestens eines Lenkhebels eines Fahrzeuges. Der Lenkaktuator ist insbesondere für eine Hinterachslenkung des Fahrzeuges ausgebildet. Der Lenkaktuator umfasst einen Elektromotor (01) mit einer Motorwelle sowie einen Drehwinkelsensor (02) zur Bestimmung eines Drehwinkels der Motorwelle innerhalb einer Umdrehung der Motorwelle. Der Lenkaktuator umfasst zudem ein an die Motorwelle gekoppeltes Getriebe (03), welches ein Übersetzungsverhältnis aufweist, welches größer als Eins ist. Weiterhin umfasst der Lenkaktuator eine durch das Getriebe (03) antreibbare Spindelmutter und einen Multiturnsensor (06) zur Bestimmung eines sich über mehrere Umdrehungen erstreckenden Drehwinkels der Spindelmutter sowie eine in der Spindelmutter laufende Spindel (07). Im Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb des Lenkaktuators.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Lenkaktuator zum Schwenken mindestens eines Lenkhebels eines Fahrzeuges. Der Lenkaktuator ist insbesondere für eine Hinterachslenkung des Fahrzeuges ausgebildet und umfasst eine Linearverstellung. Im Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb des Lenkaktuators.

[0002] Die DE 10 2019 125 309 A1 zeigt ein Sensorsystem mit einem ersten Targetelement zur Erfassung einer Winkellage und mit einem zweiten Targetelement zur Erfassung eines Linearweges. Das erste Targetelement ist um eine Drehachse rotierbar angeordnet. Das zweite Targetelement ist entlang der Drehachse linear bewegbar angeordnet. Das Sensorsystem umfasst zudem ein parallel zu der Drehachse zwischen den Targetelementen angeordnetes Sensorelement.

[0003] Aus der DE 10 2019 118 397 A1 ist eine Positionsmesseinrichtung zur Ermittlung einer Drehstellung eines drehbaren Objektes, wie beispielsweise eine Welle bekannt. Die Positionsmesseinrichtung umfasst eine erste Maßverkörperung, die drehfest mit dem Objekt verbindbar ist, und einen ersten Sensor zur Erfassung einer Drehstellung der ersten Maßverkörperung. Die Positionsmesseinrichtung umfasst zudem eine zweite Maßverkörperung, die gegenüber der ersten Maßverkörperung drehbar gelagert ist, und einen zweiten Sensor zur Erfassung einer Drehstellung der zweiten Maßverkörperung. Die erste Maßverkörperung umfasst einen Mitnehmer, der mit der zweiten Maßverkörperung derart zusammenwirkt, dass die zweite Maßverkörperung durch den Mitnehmer in eine Drehbewegung versetzbar ist. Die Positionsmesseinrichtung kann in einer Lenkvorrichtung, insbesondere in einem Servo-Lenkensystem für ein Fahrzeug verwendet werden.

[0004] Ein Verfahren zur Drehwinkelbestimmung ist aus der DE 195 06 938 A1 bekannt. Das dort beschriebene Verfahren dient insbesondere zur Bestimmung der Drehwinkelstellung einer Lenkwelle eines Kraftfahrzeuges, welche üblicherweise um mehr als 360° drehbar ist. Die Lenkwelle stellt einen ersten drehbaren Körper dar, der mit wenigstens zwei weiteren drehbaren Körpern zusammenwirkt, die beispielsweise als Zahnräder oder Zahnkränze gebildet sind. Die Winkelstellung der drehbaren Körper wird mit zwei Sensoren ermittelt, welche mit einer elektronischen Auswerteschaltung verbunden sind, die mit einem Algorithmus die tatsächliche Winkelstellung der Lenkwelle bestimmt.

[0005] Die DE 10 2019 127 297 A1 lehrt eine Sensorvorrichtung zur Bestimmung einer Drehwinkelstellung einer drehbeweglichen Welle. Die Sensorvorrichtung umfasst ein Hauptzahnrad, welches an

die drehbewegliche Welle koaxial gekoppelt wird, und ein Nebenzahnrad, welches drehgekoppelt am Hauptzahnrad angeordnet ist. Weiterhin umfasst die Sensorvorrichtung zwei Targets, die jeweils an einer Seitenfläche des Hauptzahnrad bzw. des Nebenzahnrad angeordnet sind, und zwei Drehwinkelsensoren, welche in unmittelbarer Nähe zum Hauptzahnrad und zum Nebenzahnrad an einer Platine angeordnet sind. Es werden die Winkel des Hauptzahnrad und des Nebenzahnrad ermittelt und als Winkelsignal an eine auf der Platine angeordnete Auswerteeinheit weitergeleitet. Die Sensorvorrichtung kann in einer Lenkungsanordnung verwendet werden.

[0006] Die DE 10 2016 212 173 A1 zeigt eine Vorrichtung zur Ermittlung einer Umdrehungszahl und einer Winkelposition eines um eine Drehachse drehenden Bauteiles mit einem Magnelement mit einem gemäß dem GMR-Prinzip arbeitenden Multiturnsensor. Der Multiturnsensor umfasst einen spiralförmig entlang der oder um die Drehachse angeordneten elektrischen Leiter mit bezogen auf eine Umdrehung des Magnelements zwei unterscheidbaren Halbbrückensignalen. Zur Erfassung der Umdrehungszahl wird der Widerstand des Leiters über den Verdrehwinkel erfasst und anhand der Halbbrückensignale wird jeweils eine Umdrehung ermittelt. Um eine Winkelposition über jeweils eine Umdrehung durchgängig bestimmen zu können, wird mit einem gemäß dem AMR-Prinzip arbeitenden Magnetsensor die Winkelposition des Bauteiles in jeweils zwei Halbkreisen ermittelt, und mit dem Multiturnsensor wird ermittelt, in welchem der Halbkreise die Ermittlung der Winkelposition erfolgt.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend vom Stand der Technik darin, eine durch einen Lenkaktuator bewirkte Lenkposition eines Fahrzeuges sicher und genau messen zu können. Insbesondere sollen Mehrdeutigkeiten bei der Bestimmung eines sich über mehrere Umdrehungen erstreckenden Drehwinkels einer Spindelmutter des Lenkaktuators vermieden werden.

[0008] Die genannte Aufgabe wird gelöst durch einen Lenkaktuator gemäß dem beigefügten Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren gemäß dem beigefügten nebengeordneten Anspruch 10.

[0009] Der erfindungsgemäße Lenkaktuator dient zum Lenken von Rädern eines Fahrzeuges. Bei dem Fahrzeug handelt es sich bevorzugt um ein Kraftfahrzeug, insbesondere um einen Personenkraftwagen. Der Lenkaktuator dient bevorzugt zum Lenken von Rädern einer Hinterachse des Fahrzeuges. Somit ist der Lenkaktuator bevorzugt für eine Hinterachslenkung ausgebildet und bildet daher eine Komponente der Hinterachslenkung. Der Lenkaktuator dient zum Schwenken mindestens eines

Lenkhebels des Fahrzeuges. Der Lenkaktuator ist bevorzugt zwischen zwei Lenkhebeln eingespannt, die jeweils mit einem Rad der Hinterachse verbunden sind, sodass die beiden Räder der Hinterachse gemeinsam mit dem Lenkaktuator gelenkt werden. Über den mindestens einen Lenkhebel wird eine lineare Lenkantriebsbewegung des Lenkaktuators in eine rotative Lenkbewegung zum Lenken der Räder gewandelt. Der Lenkaktuator umfasst eine Linearverstellung zum Erzeugen der linearen Lenkantriebsbewegung.

[0010] Der Lenkaktuator umfasst zunächst einen rotativen Elektromotor mit einer darin angetriebenen Motorwelle. Durch den Elektromotor wird die mechanische Arbeit zum Lenken der Räder geleistet.

[0011] Der Lenkaktuator umfasst weiterhin einen Drehwinkelsensor zur Bestimmung eines Drehwinkels der Motorwelle zumindest innerhalb einer Umdrehung der Motorwelle. Hierdurch kann die rotative Lage der Motorwelle jederzeit gemessen werden. Der Drehwinkelsensor erlaubt die Bestimmung eines absoluten Drehwinkels der Motorwelle innerhalb einer Umdrehung der Motorwelle. Somit misst der Drehwinkelsensor zumindest denjenigen Anteil des Drehwinkels der Motorwelle, welcher über ein ganzzahliges Vielfaches von 360° hinausgeht und höchstens 360° groß ist. Bei dem Drehwinkelsensor handelt es sich bevorzugt um einen Rotorpositionssensor, welcher originär im Elektromotor vorhanden ist und zum Betrieb des Elektromotors ohnehin notwendig ist. Der Rotorpositionssensor, welcher auch als Winkellagegeber oder als Drehgeber bezeichnet wird, ist insbesondere dann vorhanden, wenn der Elektromotor als ein Schrittmotor oder als ein geschalteter Reluktanzmotor ausgebildet ist. Insofern erfolgt eine doppelte Nutzung dieses Rotorpositionssensors, nämlich zum Betrieb des Elektromotors und zum mittelbaren Bestimmen der Lenkposition.

[0012] Der Lenkaktuator umfasst weiterhin ein an die Motorwelle gekoppeltes Getriebe. Das Getriebe weist ein Übersetzungsverhältnis auf, welches größer als Eins ist. Das Übersetzungsverhältnis ist der Quotient aus der Drehzahl eines Antriebes des Getriebes und der Drehzahl eines Abtriebes des Getriebes. Da dieser Quotient hier größer als Eins ist, ist das Getriebe zur Untersetzung von Umdrehungen der Motorwelle ausgebildet, sodass es eine Drehzahl des Elektromotors verringert und ein Drehmoment des Elektromotors erhöht. Bei dem Getriebe handelt es sich entsprechend um ein Untersetzungsgetriebe. Der Elektromotor bildet einen Antrieb des Getriebes.

[0013] Der Lenkaktuator umfasst zudem eine durch das Getriebe antreibbare Spindelmutter. Die Spindelmutter bildet somit einen Abtrieb des Getriebes.

Die Spindelmutter ist bevorzugt als eine Hohlwelle ausgebildet.

[0014] Der Lenkaktuator umfasst zudem einen Multiturnsensor zur Bestimmung eines sich über mehrere Umdrehungen erstreckenden Drehwinkels der Spindelmutter. Der Multiturnsensor ist zur absoluten Messung des Drehwinkels der Spindelmutter nicht lediglich zwischen 0° und 360° sondern des sich über mehrere Umdrehungen erstreckenden Drehwinkels der Spindelmutter ausgebildet. Der Multiturnsensor muss zumindest auf Vielfache von 360° genau messen können, d. h. dass er muss die Anzahl der Umdrehungen genau bestimmen können, sodass er insoweit zumindest einen Umdrehungsmesser darstellt. Der Multiturnsensor weist aber bevorzugt eine Genauigkeit bei der Bestimmung des Drehwinkels von $\pm 10^\circ$ oder besser auf. Der Multiturnsensor beruht bevorzugt auf einem magnetoresistiven Messprinzip.

[0015] Weiterhin umfasst der Lenkaktuator eine in der Spindelmutter laufende Spindel. Die Spindel und die Spindelmutter bilden einen Gewindetrieb bzw. Spindeltrieb. Der Elektromotor, das Getriebe, die Spindel und die Spindelmutter bilden die Linearverstellung, welche auf den mindestens einen Lenkhebel wirkt. Die Motorwelle und die Spindel sind bevorzugt parallel zueinander ausgerichtet. Eine mittlere Achse der Spindel bildet eine Drehachse der Spindelmutter. Entsprechend sind die Drehachse der Spindelmutter und die Motorwelle bzw. eine Drehachse der Motorwelle bevorzugt parallel zueinander angeordnet. Die Spindel sitzt in der bevorzugt als Hohlwelle ausgebildeten Spindelmutter.

[0016] Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Lenkaktuators besteht darin, dass durch die Kombination des den Drehwinkel der Motorwelle messenden Drehwinkelsensors und des mehrere Umdrehungen der Spindelmutter messenden Multiturnsensors eine eindeutige und genaue Bestimmung des Drehwinkels der Spindelmutter und somit eine genaue Bestimmung eines linearen Verschiebeweges der Spindel möglich sind. Da das Getriebe ein Übersetzungsverhältnis größer als Eins aufweist, ist die Genauigkeit der Messung des Drehwinkelsensors bezogen auf den Drehwinkel der Spindelmutter grundsätzlich erhöht und höher als die Genauigkeit, mit welcher der Drehwinkel der Spindelmutter mit dem Multiturnsensor messbar ist.

[0017] Bei bevorzugten Ausführungsformen ist der Drehwinkelsensor zur Bestimmung eines Drehwinkels der Motorwelle von höchstens 360° ausgebildet, sodass der Drehwinkelsensor als Singleturnsensor ausgeführt ist. Somit kann der absolute Drehwinkel innerhalb einer der Umdrehungen der Motorwelle bestimmt werden. Bei einer weiteren Umdrehung der Motorwelle beginnt die Messung mit dem Dreh-

winkelsensor wieder bei 0°. Somit bestimmt der Drehwinkelsensor den um ein ganzzahliges Vielfaches von 360° reduzierten Drehwinkel der Motorwelle im Bereich zwischen 0° und 360°. Da der Drehwinkelsensor als ein einfacher Singleturnsensor ausgeführt werden kann, kann er ohne hohen Aufwand besonders genau ausgeführt werden, sodass zusätzlich zu der durch das Getriebe mit dem Übersetzungsverhältnis größer als Eins bewirkten Erhöhung der Genauigkeit der Bestimmung des Drehwinkels der Spindelmutter eine weitere Erhöhung dieser Genauigkeit erzielt werden kann.

[0018] Der Drehwinkelsensor beruht bevorzugt auf einem Hall-Messprinzip, auf einem induktiven Messprinzip oder auf einem magnetoresistiven Messprinzip. Diese Messprinzipien erlauben eine genaue Messung von Drehwinkeln zwischen 0° und 360°.

[0019] Bei bevorzugten Ausführungsformen ist mit dem Drehwinkelsensor eine Drehwinkeldifferenz der Motorwelle minimal messbar, welche über das Getriebe und über die Spindelmutter zu einer Linearverschiebung der Spindel führt, welche höchstens 1 mm und weiter bevorzugt höchstens 0,5 mm groß ist. Somit erlaubt der Drehwinkelsensor eine Genauigkeit bei der mittelbaren Bestimmung der Linearverschiebung der Spindel von 0,5 mm oder besser. Die Genauigkeit der Bestimmung der Linearverschiebung der Spindel stellt die Genauigkeit der Bestimmung eines Lenkung beschreibenden Maßes dar.

[0020] Bei bevorzugten Ausführungsformen beträgt das Übersetzungsverhältnis des Getriebes mindestens 2 zu 1, sodass die Untersetzung des Getriebes mindestens 2 beträgt. Folglich bedarf es für eine Umdrehung der Spindelmutter mindestens zwei Umdrehungen der Motorwelle. Bei weiter bevorzugten Ausführungsformen beträgt das Übersetzungsverhältnis des Getriebes mindestens 5 zu 1, sodass die Untersetzung des Getriebes mindestens 5 beträgt.

[0021] Bei bevorzugten Ausführungsformen ist das Getriebe durch ein Riemengetriebe gebildet. Eine antreibende Riemenscheibe ist auf der Motorwelle ausgebildet. Eine abtreibende Riemenscheibe ist auf der Spindelmutter ausgebildet. Die abtreibende Riemenscheibe ist bevorzugt unmittelbar auf der als Hohlwelle ausgebildeten Spindelmutter ausgeformt. Das Getriebe kann aber auch durch eine andere Getriebeart, wie beispielsweise ein Zahnradgetriebe gebildet sein.

[0022] Der Multiturnsensor ist bevorzugt zur Bestimmung eines sich über mindestens 16 Umdrehungen erstreckenden Drehwinkels der Spindelmutter ausgebildet. Somit erlaubt der Multiturnsensor die Bestimmung des Drehwinkels der Spindelmutter von 0° bis mindestens 16 · 360°. Der Multiturnsensor

ist weiter bevorzugt zur Bestimmung eines sich über mindestens 30 Umdrehungen erstreckenden Drehwinkels der Spindelmutter ausgebildet.

[0023] Der Multiturnsensor beruht bevorzugt nicht auf einem Nonius-Prinzip oder auf einem Zählverfahren. Stattdessen beruht der Multiturnsensor bevorzugt auf einem magnetoresistiven Messprinzip. Das Messprinzip nutzt bevorzugt den GMR-Effekt (giant magnetoresistance Effekt) oder den AMR-Effekt (anisotrope magnetoresistive Effekt) oder einen anderen magnetoresistiven Effekt, sodass allgemein ein XMR-Effekt genutzt wird.

[0024] Der auf dem GMR-Effekt beruhende Multiturnsensor umfasst bevorzugt ein Magnetelement und einen spiralförmig entlang der oder um die Drehachse der Spindelmutter angeordneten elektrischen Leiter mit abwechselnd magnetisch und nicht magnetisch im Nanobereich ausgebildeten Abschnitten. Weiterhin umfasst der Multiturnsensor bevorzugt einen mit dem spiralförmigen Leiter verbundenen Domänenwandgenerator, auf welchen das Magnetelement einwirkt. Bei einer Drehung des Magnetelementes gegenüber dem Domänenwandgenerator werden durch den spiralförmigen Leiter bezogen auf eine Umdrehung des Magnetelementes zwei unterscheidbare Halbbrückensignale erzeugt. Das Magnetelement ist bevorzugt an der Spindelmutter befestigt und rotiert mit der Spindelmutter. Der Leiter mit dem Domänenwandgenerator ruht gegenüber der rotierenden Spindelmutter. Zur Erfassung des Drehwinkels bzw. der Umdrehungszahl wird der Widerstand des Leiters über den Drehwinkel erfasst und anhand der Halbbrückensignale jeweils eine Umdrehung ermittelt.

[0025] Bevorzugte Ausführungsformen des Lenkaktuators umfassen weiterhin einen Linearwegsensor zur Bestimmung der linearen Verschiebung der Spindel. Da die Kombination aus dem Drehwinkelsensor und dem Multiturnsensor bereits zur genauen und eindeutigen mittelbaren Bestimmung der linearen Verschiebung der Spindel hinreichend sind, kann der Linearwegsensor zur redundanten Bestimmung dieser Verschiebung genutzt werden und beispielsweise bei einem Ausfall des Drehwinkelsensors oder des Multiturnsensors verwendet werden. Auch kann der Linearwegsensor zur Validierung der mit dem Drehwinkelsensor und dem Multiturnsensor ermittelten Werte der Verschiebung der Spindel genutzt werden.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum Betrieb des erfindungsgemäßen Lenkaktuators, sodass es während des Betriebes des Fahrzeuges ausgeführt wird, um das Fahrzeug zu lenken. Gemäß diesem Verfahren wird ein Drehwinkel der Spindelmutter mit dem Multiturnsensor gemessen, wodurch ein Spindelmutterdrehwinkelwert

erhalten wird. Der Spindelmuttendrehwinkelmesswert ist nicht auf eine Umdrehung der Spindelmutter beschränkt. Wie oben bereits ausgeführt wurde, muss der Spindelmuttendrehwinkelmesswert zumindest auf ein Vielfaches von 360° genau sein, sodass die Anzahl der Umdrehungen der Spindelmutter genau gemessen wird. Bevorzugt weist der Spindelmuttendrehwinkelmesswert aber eine Genauigkeit von $\pm 10^\circ$ oder besser auf. Weiterhin wird ein Drehwinkel der Motorwelle innerhalb einer Umdrehung der Motorwelle gemessen, wodurch ein Motorwellendrehwinkelmesswert erhalten wird. Da der Motorwellendrehwinkelmesswert innerhalb einer Umdrehung der Motorwelle gemessen wird, beträgt er zwischen 0° und 360° . Der Motorwellendrehwinkelmesswert wird verwendet, um den Spindelmuttendrehwinkelmesswert zu präzisieren, wodurch ein Spindelmuttendrehwinkelergbniswert erhalten wird. Hierzu ist das Übersetzungsverhältnis des Getriebes zu berücksichtigen. Da das Übersetzungsverhältnis größer als Eins ist, weist der Spindelmuttendrehwinkelergbniswert eine Genauigkeit auf, welche grundsätzlich besser als die Genauigkeit des Motorwellendrehwinkelmesswertes ist und welche viel besser als die Genauigkeit des Spindelmuttendrehwinkelmesswertes ist. Bevorzugt wird ausgehend vom Spindelmuttendrehwinkelergbniswert die lineare Verschiebung der Spindel bestimmt, wofür eine Steigung der Spindelmutter bzw. eine Steigung der Spindel zu berücksichtigen ist. Der ermittelte Wert für die lineare Verschiebung der Spindel repräsentiert die Auslenkung der Räder des Fahrzeuges und wird bevorzugt für eine Regelung der Lenkung genutzt. Der Motorwellendrehwinkelmesswert kann auch dertart zur Präzisierung des Spindelmuttendrehwinkelmesswertes genutzt werden, dass zunächst anhand des Spindelmuttendrehwinkelmesswertes ein Intervall für die lineare Verschiebung der Spindel bestimmt wird und anhand des Motorwellendrehwinkelmesswertes unmittelbar der genaue Wert der linearen Verschiebung der Spindel in dem zuvor bestimmten Intervall ermittelt wird.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren dient bevorzugt zum Betrieb einer der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Lenkaktuators. Im Übrigen umfasst das Verfahren bevorzugt auch Merkmale, welche im Zusammenhang mit dem Lenkaktor beschrieben sind.

[0028] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lenkaktuators;

Fig. 2 ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Zusammenhanges zwischen Umdrehungen einer Spindelmutter und einer Verschiebung einer Spindel des in **Fig. 1** gezeigten Lenkaktuators; und

Fig. 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Zusammenhanges zwischen einem Drehwinkel einer Spindelmutter und einer Verschiebung einer Spindel des in **Fig. 1** gezeigten Lenkaktuators.

[0029] **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lenkaktuators, bei welchem es sich insbesondere um eine Komponente einer Hinterachslenkung eines Kraftfahrzeuges handelt. Der Lenkaktor umfasst einen Elektromotor 01 mit einer Motorwelle (nicht dargestellt) sowie mit einem Drehwinkelsensor 02 zur Bestimmung eines Drehwinkels der Motorwelle (nicht dargestellt) innerhalb einer Umdrehung der Motorwelle (nicht dargestellt). An die Motorwelle (nicht dargestellt) ist ein Getriebe 03 gekoppelt, welches ein Übersetzungsverhältnis aufweist, welches größer als Eins ist und bevorzugt 5 zu 1 beträgt. Das Getriebe 03 ist bevorzugt als ein Riemenge triebe ausgebildet. In einem Spindelgehäuse 04 befindet sich eine Spindelmutter (nicht dargestellt), welche einen Abtrieb des Getriebes 03 bildet. Der Lenkaktor umfasst zudem einen Multiturnsensor 06 zur Bestimmung eines sich über mehrere Umdrehungen erstreckenden Drehwinkels der Spindelmutter (nicht dargestellt). Die Spindelmutter (nicht dargestellt) sitzt auf einer Spindel 07. Durch ein Betreiben des Elektromotors 01 kann die Spindel 07 linear in beide Richtungen verschoben werden. Die lineare Verschiebung der Spindel 07 kann mittelbar mit dem Multiturnsensor 06 und dem Drehwinkelsensor 02 genau und eindeutig bestimmt werden. Die lineare Verschiebung der Spindel 07 ist zusätzlich mit einem optionalen Linearwegsensor 08 messbar. An der Spindel 07 sind Stangen 09 befestigt, welche an Lenkhebel (nicht gezeigt) des Fahrzeuges gekoppelt sind.

[0030] **Fig. 2** zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Zusammenhanges zwischen Umdrehungen n der Spindelmutter (nicht dargestellt) und einer Verschiebung s der Spindel 07 des in **Fig. 1** gezeigten Lenkaktuators. Jeder ganzzahligen Umdrehung n der Spindelmutter (nicht dargestellt) ist ein Abschnitt der Verschiebung s der Spindel 07 (gezeigt in **Fig. 1**) zugeordnet. Somit kann bei einer Auswertung eines Ausgangssignals des Multiturnsensors 06 (gezeigt in **Fig. 1**) davon ausgegangen werden, dass die Verschiebung s in dem jeweiligen der dargestellten Abschnitte liegt, wenn der mit dem Multiturnsensor 06 (gezeigt in **Fig. 1**) gemessene Drehwinkel innerhalb der entsprechenden Umdrehung n liegt. Die dargestellten Abschnitte bzw. Inter-

valle stellen Verfahrbereiche der Spindel 07 (gezeigt in **Fig. 1**) dar.

[0031] Fig. 3 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Zusammenhanges zwischen einem auf jeweils eine Umdrehung bezogenen Drehwinkel φ der Spindelmutter (nicht dargestellt) und der Verschiebung s der Spindel 07 des in **Fig. 1** gezeigten Lenkaktuators. Der auf jeweils eine Umdrehung bezogene Drehwinkel φ der Spindelmutter (nicht dargestellt) steht mit dem vom Drehwinkelsensor 02 (gezeigt in **Fig. 1**) ermittelten Wert des Drehwinkels der Motorwelle (nicht dargestellt) in einem Verhältnis, welches durch das Übersetzungsverhältnis des Getriebes 03 (gezeigt in **Fig. 1**) bestimmt wird. Hierdurch kann der auf jeweils eine Umdrehung bezogene Drehwinkel φ der Spindelmutter (nicht dargestellt) ausgehend von dem vom Drehwinkelsensor 02 (gezeigt in **Fig. 1**) ermittelten Wert des Drehwinkels der Motorwelle (nicht dargestellt) ermittelt werden, um die Verschiebung s der Spindel 07 (gezeigt in **Fig. 1**) innerhalb der in **Fig. 2** dargestellten Verfahrbereiche exakt bestimmen zu können. Der zugrunde liegende mathematische Zusammenhang wird mit der folgenden Formel beschrieben, in welcher $s_{\text{Verfahrbereich}}$ für die Länge der einzelnen Verfahrbereiche steht:

$$s = s_{\text{Verfahrbereich}} \cdot n + \varphi \cdot s_{\text{Verfahrbereich}} / 360^\circ$$

Bezugszeichenliste

01	Elektromotor
02	Drehwinkelsensor
03	Getriebe
04	Spindelgehäuse
05	-
06	Multiturnsensor
07	Spindel
08	Linearwegsensor
09	Stange

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 102019125309 A1 [0002]
- DE 102019118397 A1 [0003]
- DE 19506938 A1 [0004]
- DE 102019127297 A1 [0005]
- DE 102016212173 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Lenkaktuator zum Schwenken mindestens eines Lenkhebels eines Fahrzeuges, umfassend:

- einen Elektromotor (01) mit einer Motorwelle;
- einen Drehwinkelsensor (02) zur Bestimmung eines Drehwinkels der Motorwelle innerhalb einer Umdrehung der Motorwelle;
- ein an die Motorwelle gekoppeltes Getriebe (03), welches ein Übersetzungsverhältnis aufweist, welches größer als Eins ist;
- eine durch das Getriebe (03) antreibbare Spindel-mutter;
- einen Multiturnsensor (06) zur Bestimmung eines sich über mehrere Umdrehungen erstreckenden Drehwinkels der Spindel-mutter; und
- eine in der Spindel-mutter laufende Spindel (07).

2. Lenkaktuator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehwinkelsensor (02) zur Bestimmung eines Drehwinkels von höchstens 360° ausgebildet ist.

3. Lenkaktuator nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehwinkel-sensor (02) auf einem Hall-Messprinzip, auf einem induktiven Messprinzip oder auf einem magnetoresistiven Messprinzip beruht.

4. Lenkaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit dem Drehwinkelsensor (02) eine Drehwinkeldifferenz der Motorwelle messbar ist, welche über das Getriebe (03) und über die Spindel-mutter zu einer Linear-verschiebung der Spindel (07) von maximal 0,5 mm führt.

5. Lenkaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Übersetzungsverhältnis des Getriebes (03) mindestens 2 zu 1 beträgt.

6. Lenkaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Getriebe (03) durch ein Riemengetriebe gebildet ist.

7. Lenkaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Multiturn-sensor (06) zur Bestimmung eines sich über mindestens 16 Umdrehungen erstreckenden Drehwin-kels der Spindel-mutter ausgebildet ist.

8. Lenkaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Multiturn-sensor (06) auf einem magnetoresistiven Messprin-zip beruht.

9. Lenkaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass er weiterhin

einen Linearwegsensor (08) zur Bestimmung einer linearen Verschiebung der Spindel (07) umfasst.

10. Verfahren zum Betrieb eines Lenkaktuators gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, folgende Schritte umfassend:

- Messen eines Drehwinkels der Spindel-mutter mit dem Multiturnsensor (06), wodurch ein Spindel-mutterdrehwinkel-messwert erhalten wird;
- Messen eines Drehwinkels der Motorwelle inner-halb einer Umdrehung der Motorwelle, wodurch ein Motorwellendrehwinkel-messwert erhalten wird; und
- Verwenden des Motorwellendrehwinkel-messwer-tes, um den Spindel-mutterdrehwinkel-messwert zu präzisieren.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

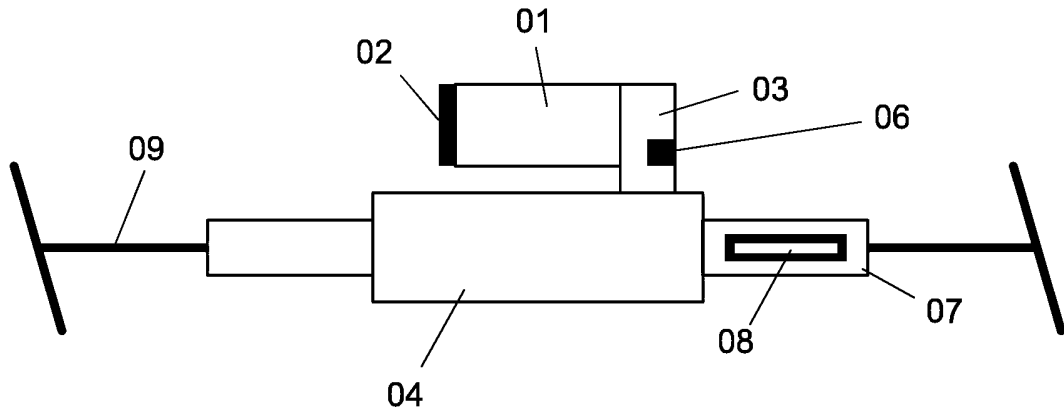


Fig. 1

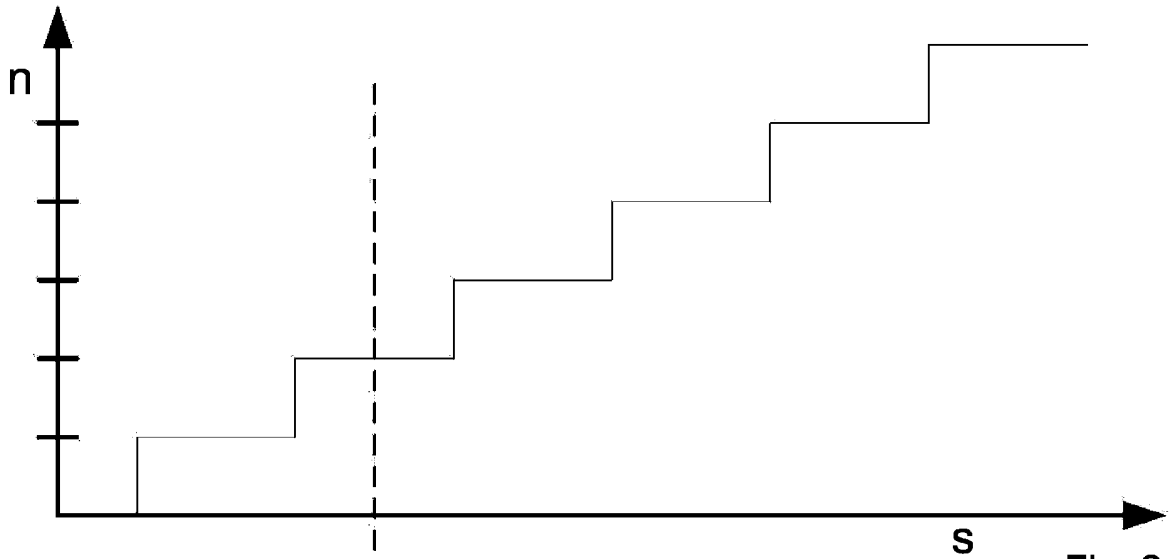


Fig. 2

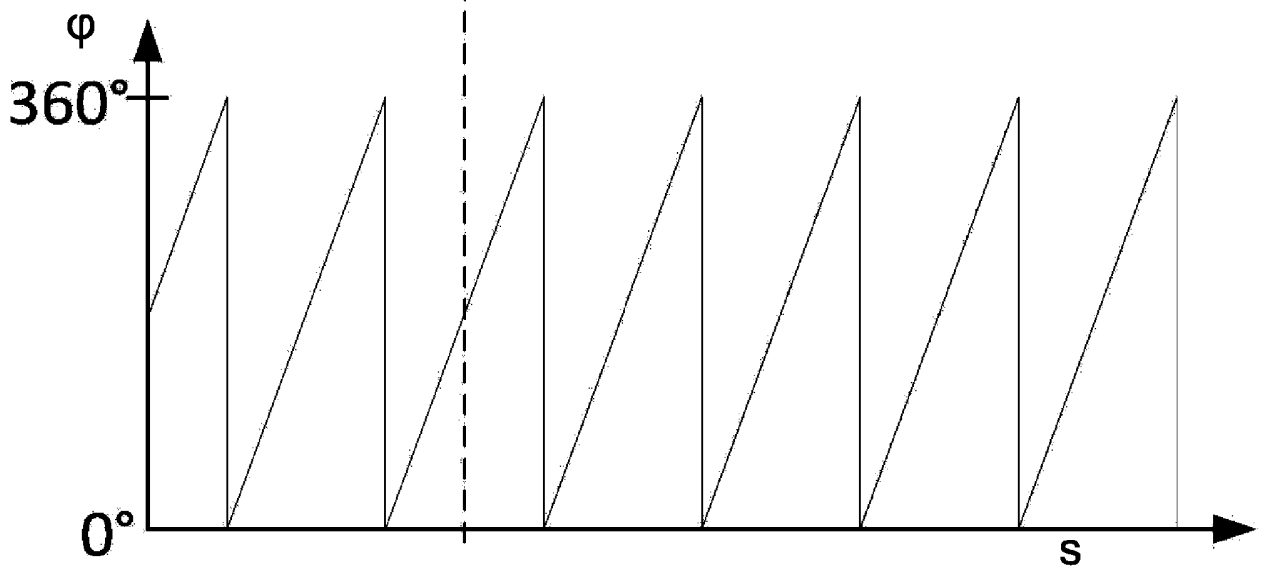


Fig. 3