

(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
09. November 2023 (09.11.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/213526 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B62D 5/04 (2006.01) B62D 6/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/059944

(22) Internationales Anmeldedatum:

18. April 2023 (18.04.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2022 204 473.8

06. Mai 2022 (06.05.2022) DE

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

(72) Erfinder: ZBORON, Oliver; Oderweg 4a, 49448 Lemför-
de (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,
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,

(54) Title: METHOD AND CONTROL UNIT FOR OPERATING A STEER-BY-WIRE STEERING SYSTEM, AND STEER-BY-
WIRE STEERING SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN SOWIE STEUEREINHEIT ZUM BETREIBEN EINER STEER-BY-WIRE-LENKUNG SOWIE
STEER-BY-WIRE-LENKUNG

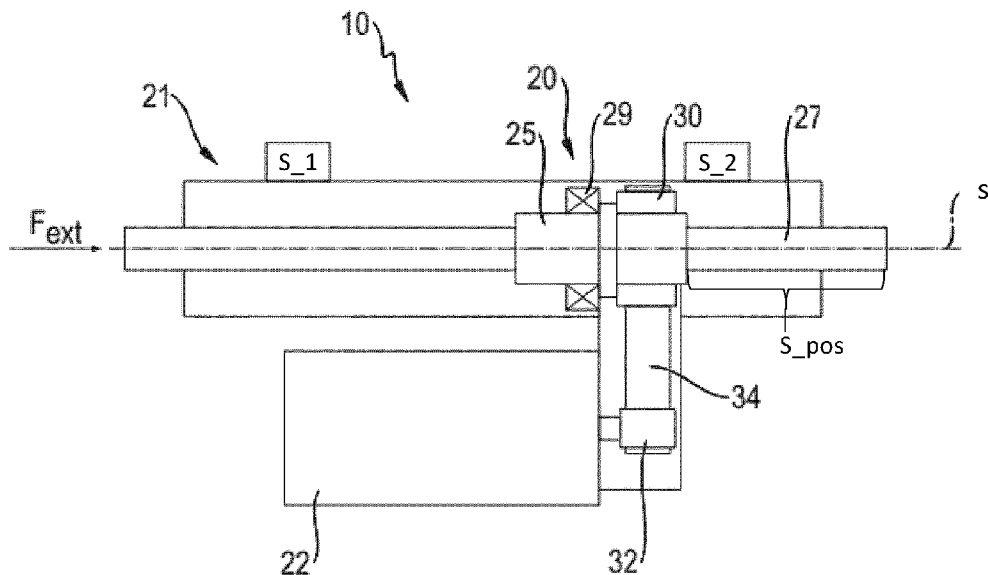


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a steer-by-wire steering system of a motor vehicle at speeds from being at a standstill to parking and/or manoeuvring. The method comprises the following steps: - detecting a rotational speed (r_{sm_cur}) of a spindle nut (25) of a spindle drive (20), - detecting a vehicle speed (v_{cur}), determining a limit value (r_{sm_lim}) of the rotational speed (r_{sm_cur}) of the spindle nut at least depending on the vehicle speed (v_{cur}), - activating the actuator to adjust a steering angle (RL_{WV} , RL_{Wh}) of at least one wheel (6, 6) using the limit value (r_{sm_lim}) of the rotational speed of the spindle nut.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Kraftfahrzeugs bei Geschwindigkeiten vom Stillstand bis zum Parkieren und/oder Rangieren vorgeschlagen. Das Verfahren umfasst folgende Schritte: - Erfassen einer Drehzahl (r_{sm_cur}) einer Spindelmutter (25) eines Spindelantriebes (20), - Erfassen einer



WO 2023/213526 A1

SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{cur}) - Bestimmen eines Grenzwertes ($r_{\text{sm_lim}}$) der Drehzahl ($r_{\text{sm_cur}}$) der Spindelmutter zumindest in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{cur}) - Ansteuern des Aktuators zum Einstellen eines Lenkwinkels (RL_{Wv} , RL_{Wh}) zumindest eines Rades (5, 6) unter Anwendung des Grenzwertes ($r_{\text{sm_lim}}$) der Drehzahl der Spindelmutter.

Verfahren sowie Steuereinheit zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung
sowie Steer-by-wire-Lenkung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Steuereinheit zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung sowie eine Steer-by-wire-Lenkung eines Kraftfahrzeuges nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Aus der DE 10 2014 206 934 A1 ist ein Aktuator mit einer ortsfest gelagerten Spindelmutter und eine gegen Verdrehen gesicherte und axial gegenüber der Spindelmutter verlagerbaren Spindel bekannt. Zumindest ein Ende eines solchen Aktuators, welcher in einer Steer-by-wire-Lenkung Anwendung findet, ist mittels eines Lenkgestänges mit einem Radträger verbunden. Durch die lineare Verlagerung der Spindel kann eine Änderung des Radlenkwinkels eines drehbar an einem Radträger gelagerten Rades erfolgen. Die von einer Lenkhandhabe wie z. B. einem Lenkrad zumindest mittelbar betätigbare oder unabhängig von dieser arbeitende Steer-by-wire-Lenkung wird auf dem Signalwege, also ohne mechanische Kopplung angesteuert. Eine derartige Lenkung muss bei einem Lenkvorgang einen Reibungswiderstand der Räder gegenüber der Fahrbahn und innerhalb des Spindelantriebes überwinden. Besonders bei sehr geringen Geschwindigkeiten beim Rangieren oder Parkieren bis zum Stillstand des Kraftfahrzeuges werden vergleichsweise hohe Lenkkräfte benötigt, die den Aktuator stark belasten. Aufgrund abwechselnder Haftreibung und Gleitreibung zwischen den Flanken der Gewinde der Spindelmutter und der Spindel kann die Spindel im Spindelantrieb des Aktuators zu Resonanzschwingungen neigen und der Spindelantrieb hohe Temperaturen erlangen, welches zur Schädigung des Aktuators und somit der Steer-by-wire-Lenkung führen kann.

Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren sowie eine Steuereinheit zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung sowie eine Steer-by-wire-Lenkung eines Kraftfahrzeuges anzugeben, wenn ein oder mehrere Räder an einer Achse des Fahrzeuges im Stillstand oder beim Parkieren bzw. Rangieren mit sehr niedriger Geschwindigkeit gelenkt werden.

Nach einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Kraftfahrzeuges angegeben, welches mit einer im Vergleich zu einer normalen Fahrt sehr niedrigen Geschwindigkeit vom Stillstand bis zum Parkieren und/oder Rangieren betrieben wird. Das Verfahren weist zumindest folgende Schritte auf:

- Erfassen einer Drehzahl einer Spindelmutter eines Spindelantriebes,
- Erfassen einer Fahrzeuggeschwindigkeit
- Bestimmen eines Grenzwertes einer Drehzahl der Spindelmutter zumindest in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit
- Ansteuern des Aktuators zum Einstellen eines Lenkwinkels zumindest eines Rades an einer Fahrzeugachse unter Anwendung des Grenzwertes der Drehzahl der Spindelmutter.

Die Steer-by-wire-Lenkung umfasst einen Aktuator mit einem Spindelantrieb zur axialen Verschiebung der Spindel. Der Aktuator der Steer-by-wire-Lenkung des Kraftfahrzeuges weist bevorzugt ein Gehäuse auf, in welchem eine Spindel und eine drehbar sowie ortsfest angeordnete Spindelmutter gelagert ist. Die Spindel und die Spindelmutter bilden ein Bewegungsgewinde und sind innerhalb des Gehäuses Teil eines Spindelantriebs zum axialen Verlagern der Spindel gegenüber der Spindelmutter und somit auch gegenüber dem Gehäuse. Die Spindel weist hierzu ein Außengewinde auf, welches mit dem Innengewinde der Spindelmutter in Eingriff ist. Wird die Spindelmutter drehangetrieben, z. B. durch einen Elektromotor, bevorzugt mittelbar durch ein Getriebe, vorzugsweise Riemengetriebe, höchst vorzugsweise mittels Zahnriemengetriebe, so bewirkt das Bewegungsgewinde, dass die gegen Verdrehen gesicherte Spindel axial entlang ihrer Längsachse gegenüber der Spindelmutter bzw. dem Gehäuse verlagert wird. Durch die axiale Verlagerung entlang ihrer Längsachse kann der Radlenkwinkel eines drehbar an einem Radträger angeordneten Rades geändert werden, welcher zumindest mittelbar mit einem Ende der Spindel verbunden ist.

Die beim Lenken erforderlichen hohen Stellkräfte bewirken in dem Getriebe des Aktuators, speziell in dem Bewegungsgewinde eines Spindelantriebs des Aktuators, eine

hohe Reibung. Zwischen den Gewindeflanken innerhalb des Bewegungsgewindes, also zwischen Spindel und Spindelmutter, tritt auch bei Verwendung von optimierten Schmiermitteln und Werkstoffen ein hohe Reibung auf. Aufgrund der zwischen den Gewindepartnern auftretenden Haftreibung und Gleitreibung an den Kontaktflächen der aneinander liegenden Gewindeflanken kann es zu einem sogenannten Stick-Slip-Effekt kommen. Es handelt sich hierbei um das abwechselnde Haften und Gleiten der Gewindeflanken, welche zum einen zu schwankenden Drehmomenten zwischen der Spindelmutter und der Spindel führen kann. Hierbei kann beispielsweise die Spindel zu Schwingungen, insbesondere Drehschwingungen angeregt werden. Eine fortwährende oder temporäre Anregung über einen Mindestzeitraum kann bewirken, dass eine Resonanzfrequenz der Spindel oder anderer Bauteile in dem Aktuator erreicht wird. Des Weiteren bewirken die Schwingungen thermische Belastungen, welche die Schmiereigenschaft des Schmiermittels negativ belasten können. Dieses kann sich negativ auf die Lebensdauer des Aktuators auswirken.

Die vorgenannte Drehschwingung ist auch als Torsionsschwingung bekannt. Im Gegensatz zur translatorischen Schwingung erfolgt bei der Drehschwingung eine Schwingung um den rotatorischen Freiheitsgrad eines Systems, hier um die Längsachse der Spindel. In beiden Fällen handelt es sich um eine mechanische Schwingung.

Der Begriff Stick-Slip-Effekt (Haftgleiteffekt) leitet sich aus den beiden englischen Wörtern "stick" (haften) und "slip" (gleiten) ab. In der Physik und Technik beschreibt der Stick-Slip-Effekt ein in aller Regel unerwünschtes, ruckartiges Gleiten (Stillstand-Gleiten-Stillstand-Gleiten) von Festkörpern, die sich gegeneinander bewegen.

Bei einer Steer-by-wire-Lenkung handelt es sich um eine von der mechanischen Lenkung mit einer Lenkhandhabe, bspw. eines Lenkrads, entkoppelte Lenkvorrichtung. Diese Lenkvorrichtung kann auch gänzlich von einer Steuereinheit betrieben werden, beispielsweise bei einem autonom fahrenden Fahrzeug. Die Lenkbewegung des Fahrers mittels Lenkhandhabe wird nicht auf mechanischem Wege, beispielsweise über ein Gestänge, auf die Radträger bzw. Räder übertragen. Vielmehr wird ein Lenkwinkel, auch Radlenkwinkel genannt, bzw. dessen Änderung für die jeweiligen Räder einer Achse, z. B. in einer Steuereinheit berechnet, welches Stellsignale an den oder die

Aktuatoren der Steer-by-wire-Lenkung sendet und letztlich die Lenkwinkeländerung bzw. Einstellung des Lenkwinkels an dem jeweiligen Rad bewirkt. Dabei kann die Lenkwinkelanforderung des Fahrers oder eine berechnete Lenkwinkeländerung von dem maximal einstellbaren Lenkwinkel an der betreffenden Achse abweichen, z.B. größer sein. In diesem Fall kann höchstens der maximal mögliche Lenkwinkel eingestellt werden. Die Lenkwinkelanforderung besteht aus der Änderung des Lenkwinkels von dem bestehenden Lenkwinkel auf einen beabsichtigten Lenkwinkel, wobei die Lenkwinkelanforderung ebenfalls in Abhängigkeit von der Zeit ist. Als Beispiel sei hier genannt, dass ein Fahrer langsam, z.B. mit $2^\circ/\text{s}$, oder aber sehr zügig z.B. mit $20^\circ/\text{s}$ an dem Lenkrad drehen kann, um eine Lenkwinkeländerung von z.B. 5° vorzunehmen. Mit anderen Worten wird zum einen die Änderung des Winkels als auch die Geschwindigkeit der Änderung des Winkels erfasst.

Im Normalbetrieb einer Lenkvorrichtung werden größtenteils geringe Radlenkwinkeländerungen vorgenommen, wenn sich das Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit deutlich oberhalb des o.g. Bereichs bewegt, bspw. beim Fahren in einer geschlossenen Ortschaft, z.B. mit 30 bis 50 km/h oder auf einer Landstraße oder einer Autobahn mit noch größerer Geschwindigkeit. Dort ist in der Regel von Lenkwinkeländerungen unterhalb von 1° auszugehen. Für diese geringen Änderungen werden somit im Vergleich deutlich geringere Stellkräfte benötigt, so dass Drehschwingungen kaum oder gar nicht auftreten.

Der hier vorgestellte Ansatz basiert auf der Erkenntnis, dass in bestimmten Situationen ein erhöhtes Drehmoment bzw. eine erhöhte Kraft zum Lenken oder mit anderen Worten zum Einschlagen des jeweiligen Rades in einen gewünschten Lenkwinkel bzw. Radlenkwinkel erforderlich ist. Die hier betrachtete Situation geht von einer sehr geringen Geschwindigkeit des Fahrzeuges vom Stillstand bis zum Parkieren und/oder Rangieren aus. Bei einem völligen Stillstand ist die Geschwindigkeit gleich 0 km/h. Beim Parkieren und/oder Rangieren wird hier von einer Geschwindigkeit kleiner oder gleich 5 km/h ausgegangen. In einem Geschwindigkeitsbereich von 0 bis etwa 1 km/h werden besonders hohe Kräfte zum Einschlagen des gewünschten Lenkwinkels benötigt. Je geringer die Geschwindigkeit je größer sind dabei die zu erwartenden Lenkkräfte, welche durch den Aktuator der Steer-by-wire-Lenkung bewerkstelligt werden müssen. Dieses liegt darin

begründet, dass die gesamte Gewichtskraft des Fahrzeugs auf den Reifen lastet. Der Kontakt zwischen Reifen und Fahrbahn ergibt sich aus der Reifenaufstandsfläche. Die Größe der Aufstandsfläche eines Reifens hängt in erster Linie von der Radlast und vom Reifendruck ab, weil der Innendruck des Reifens den Großteil der Radlast trägt. Aber auch die Reifenbreite, der Reifendurchmesser und die Steifigkeit der Seitenwand spielen eine Rolle. Es wird bei einem stillstehenden Rad eine höhere Kraft zum Lenken, also zum Drehen des Rades um seine Hochachse benötigt, als wenn das Rad aufgrund der Fahrzeugbewegung rollt. Mit zunehmender Rollbewegung, also Zunahme der Fahrzeuggeschwindigkeit, wird jeweils weniger Kraft zum Lenken benötigt. Es ist ersichtlich, dass neben der Fahrzeugmasse auch die Temperatur der Umgebung sowie die Reifentemperatur einen Einfluss haben, da sie sich unmittelbar auf die Reibung zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche auswirken. Nicht erschöpfend seien hier folgende weitere Parameter genannt: Reifenmischung, Reifenart, Reifenreibungskoeffizient, Fahrbahnbelag sowie Fahrbahnbeschaffenheit (trocken, feucht, verschmutzt, eisglatt etc.).

Der Reifen eines Rades ist in der Regel aus Gummi – einem elastischen Werkstoff. Wirkt nun eine Kraft zum Lenken des Rades von dem Aktuator einer Steer-by-wire-Lenkung auf das Rad, so ergibt sich eine Vorspannung aufgrund der Haftreibung bzw. Gleitreibung zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche. Der Reifen wird quasi gegenüber der Fahrbahn aufgezogen und somit vorgespannt. Weitere Vorspannung ergibt sich zwischen Aktuator und Radträger durch zwischen diesen eingesetzte Lager sowie ggfs. Lenker, wie zum Beispiel von einem Lenkgestänge, je nach Ausbildung des Fahrwerks.

Wird nun in dem vorgenannten geringen Geschwindigkeitsbereich durch die Steer-by-wire-Lenkung von einem großen, bevorzugt von einem maximal möglichen Lenkwinkel ausgehend auf einen kleineren Lenkwinkel zurückgelenkt, so werden die Vorspannungen zunächst kurzzeitig reduziert und es ergeben sich erneut Vorspannungen. Die Vorspannung nimmt zu, je geringer die Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist bzw. wenn diese vom Rollen zu Stillstand hin reduziert wird. Beim Parkieren und/oder Rangieren ist das quasi in ständigem Wechsel der Fall. Beim Zurücklenken aus dem zuvor eingestellten großen Lenkwinkel kommt es zu einem Kraftrichtungswechsel in dem Aktuator der Steer-by-wire-Lenkung. Dieses führt zu einem Lastwechsel innerhalb eines

Getriebes bzw. Spindeltriebes des Aktuators, so dass es wiederum zu einem geänderten Stick-Slip-Verhalten kommt. Dieses kann zu Schwingungen und hohen thermischen Belastungen innerhalb des Aktuators bzw. dessen Bewegungsgewinde führen. Dieses Verhalten gilt es zu reduzieren bzw. zu minimieren.

Gemäß der Erfindung wird in dem vorgenannten Verfahren in Abhängigkeit der momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeugs die Drehzahl der Spindelmutter des Aktuators der Steer-by-wire-Lenkung limitiert, vorzugsweise ausgehend von ihrer Nenndrehzahl mit der diese üblicher Weise betrieben wird. In dem Spindeltrieb des Aktuators kann durch die Limitierung der Drehzahl ein verbessertes Verhalten der Reibpartner in dem Aktuator, z.B. der aneinander liegenden Gewindeflanken des Bewegungsgewindes, erzielt werden. Dadurch werden die oben genannten Drehschwingungen und auch die thermische Belastung minimiert oder entstehen gar nicht erst.

Die Limitierung der Drehzahl wird mittels des Schrittes zum Bestimmen eines Grenzwertes einer Drehzahl der Spindelmutter vorgenommen. Der Grenzwert wird zumindest in Abhängigkeit der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit bestimmt. Die Drehzahl der Spindelmutter wird fortwährend erfasst, bevorzugt in Intervallen, vorzugsweise in Intervallen von 10ms. Es wird dabei fortwährend, bevorzugt in Intervallen, vorzugsweise in Intervallen von 10ms eine momentane Fahrzeuggeschwindigkeit erfasst, welche zum Beispiel aufgrund eines Fahrerwunsches durch Drücken des Gaspedals vorliegt. Die Erfassung der Drehzahl der Spindelmutter wird bevorzugt mittels einer Sensorik vorgenommen. Es kann die Drehzahl mittels eines bevorzugt im Gehäuse angeordneten Sensors, vorzugsweise berührungslos, erfolgen. Hierzu kann beispielsweise ein Inkrementalsensor verwendet werden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird zur Bestimmung der Drehzahl der Spindelmutter ein Rotorlagesensor des antreibenden Elektromotors verwendet. Ein solcher Rotorlagesensor ist bevorzugt als ein Inkrementalsensor ausgebildet. Einfach ausgedrückt werden damit die Umdrehungen des Motors gezählt, insbesondere in Abhängigkeit der Zeit. Bei einem mittelbaren Antrieb der Spindelmutter mittels eines Getriebes, bevorzugt eines Riemengetriebes, vorzugsweise mittels eines Zahnriemengetriebes, kann die Drehzahl der Spindelmutter in Kenntnis der Drehzahl des Elektromotors bestimmt werden. Insbesondere erfolgt die Bestimmung der Drehzahl rechnerisch in einer Steuereinheit.

Beispielsweise kann während des Parkierens an der Vorderachse ein größtmöglicher Lenkwinkel eingestellt worden sein, sodass die Räder größtmöglich in eine Richtung, z.B. nach links, eingeschlagen wurden. Aufgrund dieser Lenkwinkelanforderung wurde von einer Steuereinheit ein maximaler Lenkwinkel von der Steer-by-wire-Lenkung an einer Hinterachse gegenläufig, hier also nach rechts, eingestellt. Typischerweise kommt das Fahrzeug nach einem solchen Lenkmanöver beim Parkieren zum Stillstand. Der Aktuator der Steer-by-wire-Lenkung kommt ebenfalls zum Stillstand und es wird einen Moment lang keine Lenkwinkeleinstellung ausgeführt. Nun lenkt der Fahrer erneut an dem Lenkrad in die entgegengesetzte Richtung zurück und/oder es wird eine Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit aufgrund einer errechneten Änderung oder einer geänderten Gaspedalstellung eingesteuert. Alternativ kann auch ein Fahrassistent die Änderungen bewirkt haben, z.B. ein Parkassistent. Diese Änderungen werden zudem mit einer gewissen Geschwindigkeit vorgenommen. Diese Parameter werden von der Steuereinheit erfasst und im Schritt des Bestimmens des Grenzwertes wird in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit der Grenzwert der Drehzahl der Spindelmutter limitiert. Unter Berücksichtigung zumindest der vorgenannten Parameter und unter Anwendung des Grenzwertes wird schließlich der Aktuator der Steer-by-wire-Lenkung zum Einstellen des eines Lenkwinkels angesteuert. Dieses geschieht nun mit einer von der ansonsten genutzten Nenndrehzahl geänderten, bevorzugt niedrigeren Drehzahl der Spindelmutter. Dieses bewirkt ein geändertes Reibverhalten innerhalb des Spindelantriebes bzw. der Reibpartner des Bewegungsgewindes aufgrund einer vom Normalbetrieb bei Nenndrehzahl abweichenden Relativgeschwindigkeit zwischen den Flanken des Innengewindes der Spindelmutter und des Außengewindes der Spindel. Das oben angesprochene Stick-Slip-Verhalten ändert sich und reduziert bzw. verhindert Torsionsschwingungen im Spindelantrieb. Das Ansteuern des Aktuators erfolgt vorzugsweise durch eine Steuereinheit wie ein Steuergerät oder eine Steuerung. Die Steuereinheit ist bevorzugt Teil der Steer-by-wire-Lenkung. Die Ansteuerung des Aktuators kann jedoch auch mittels eines weiteren im Fahrzeug verbauten Steuergerätes erfolgen, welches nicht Teil der Steer-by-wire-Lenkung ist.

Ohne eine solche Limitierung mittels der Anwendung eines Grenzwertes würde der Antrieb, z.B. ein Elektromotor, mittels einer vordefinierten Beschleunigung auf eine Nenndrehzahl gebracht, welche für das Verstellen eines Lenkwinkels bei der konstruktiven

Auslegung der Steer-by-wire-Lenkung festgelegt wurde. Bedingt durch die Drehzahl des Antriebes ergibt sich, ggfs. unter Zwischenschaltung eines Getriebes, eine Drehzahl der Spindelmutter. Die Nenndrehzahl bewirkt mit anderen Worten im Zusammenhang mit dem Getriebe bzw. dem Spindelantrieb des Aktuators eine vordefinierte Stellgeschwindigkeit, welche letztlich eine Lenkgeschwindigkeit ergibt und auch als Lenkgradient bezeichnet wird. Der Lenkgradient gibt an, um welchen Winkel pro Zeiteinheit, also bspw. um wie viel Grad pro Sekunde das jeweils gelenkte Rad um seine Hochachse verstellt werden kann. Für unterschiedliche Fahrsituationen mit unterschiedlichen Fahrzeuggeschwindigkeiten und Randbedingungen, wie z.B. Fahrzeugbeladung, verwendete Reifenart oder Fahrbahnzustand etc., können dabei unterschiedliche Lenkgradienten festgelegt sein. Der Aktuator kann bei o.g. Nenndrehzahl z.B. eine Stellgeschwindigkeit aufweisen, so dass bei einem Fahrzeug, welches fahrbereit und unbeladen mit seinen Rädern auf trockener Fahrbahn steht, die Räder sich mit einem Lenkgradienten von beispielsweise bis zu $18^\circ/\text{s}$ mittels der Steer-by-wire-Lenkung verstellen lassen. Dabei kann die Lenkgeschwindigkeit aufgrund der Reibung zwischen Reifen und Fahrbahn bei einer niedrigen Geschwindigkeit, wie beispielsweise dem Parkieren und/oder Rangieren, abnehmen und einen geringeren Lenkgradienten von z.B. $2\text{--}8^\circ/\text{s}$ aufweisen. Hingegen wird bei sehr hohen Geschwindigkeiten von beispielsweise 200 km/h der Lenkgradient beispielsweise auf $0,25^\circ/\text{s}$ reduziert bzw. begrenzt, um schlagartige Lenkbewegungen zu vermeiden, welche gefährliche Fahrsituationen hervorrufen können.

Mit großen Lenkwinkeln sind hier Lenkwinkel gemeint, welche in den Bereich der konstruktiv möglichen maximalen Lenkwinkel der jeweiligen Achse reichen. Beim Rangieren oder Parkieren ändern sich zudem häufig die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Lenkwinkel an den Rädern. Durch Ausnutzung großer, vorzugsweise der größtmöglichen Lenkwinkel ist ein einfacheres Einfahren in z.B. eine Parklücke oder auch Rangieren mit einem Anhänger möglich. Besonders vorteilhaft ist es daher, wenn neben der Vorderachse zusätzlich auch die Hinterachse des Kraftfahrzeuges lenkbar ist.

Ein Lenkwinkel von 0° wird auch als Mittenposition oder Neutrallenkwinkel bezeichnet und entspricht der Geradeausfahrt eines Fahrzeugs, wenn an jeder gelenkten Achse bzw. an jedem gelenkten Rad ein (Rad-) Lenkwinkel von 0° eingestellt ist. Die Räder sind dabei parallel zur Längsrichtung des Fahrzeugs ausgerichtet.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Grenzwert zumindest temporär angewendet. Der Grenzwert wird aufgehoben, wenn eine Fahrzeuggeschwindigkeit erreicht ist, ab welchem bspw. keine Limitierung der Drehzahl der Spindelmutter mehr erforderlich ist. Möglich ist auch, dass der Grenzwert für eine vorbestimmte Zeitdauer angewendet wird, so dass der Grenzwert nach Ablauf dieser Zeit auf einen Nenn- oder Maximalwert zurückgesetzt oder aufgehoben wird. In Abhängigkeit einer beabsichtigten Fahrzeuggeschwindigkeit kann ein zuvor bestimmter Grenzwert ebenfalls verändert werden, insbesondere ausgehend vom zuvor eingestellten Wert reduziert werden, um einer sich ergebenden veränderten Fahrsituation Rechnung zu tragen. Gründe hierfür können die geänderte Stellung des Gaspedals oder eine errechnete bzw. erforderliche Geschwindigkeitsänderung aufgrund eines sich ändernden Fahrbahnbelages sein (Glätte, Fahrbahn mit unterschiedlichen Reibwerten, z.B. je Fahrzeugseite).

Bevorzugt ist ferner eine Ausführungsform, bei der im Schritt des Bestimmens der Grenzwert auf einen vordefinierten Minimalwert gesetzt wird. Beispielsweise kann ein solcher vordefinierter Minimalwert der Hälfte oder dreiviertel der Nenndrehzahl der Drehzahl der Spindelmutter entsprechen, bei welcher eine konstruktiv festgelegte Verschiebung der Spindel in einer vorbestimmten Zeit möglich ist. In vorteilhafter Weise wird somit ebenfalls sichergestellt, dass die Drehzahl stets ausreichend ist, so dass eine beabsichtigte Lenkbewegung angepasst unter jeder denkbaren Bedingung bzw. Fahrsituation möglich ist. Mit anderen Worten wird sichergestellt, dass unter Berücksichtigung jeder Fahrsituation des Kraftfahrzeugs eine störungsfreie Radlenkwinkeländerung ohne schadhaften Temperaturanstieg oder Resonanzschwingungen im Aktuator möglich ist. Die Nenndrehzahl der Spindelmutter ist ein konstruktiv festgelegter Wert, welcher maßgeblich für die Stellgeschwindigkeit des Aktuators der Steer-by-wire-Lenkung ist. Es wird später beschrieben, dass die Nenndrehzahl zumindest temporär überschritten werden kann, um einen sogenannten Offset zu kompensieren. Die Stellgeschwindigkeit des Aktuators kann so auch bei temporärer Anwendung des Grenzwertes für die Drehzahl der Spindelmutter beibehalten werden, so dass die Stellgeschwindigkeit des Aktuators nicht bzw. nicht nennenswert beeinflusst wird. Das Überschreiten der Nenndrehzahl kann bis zu einem Maximalwert für die Drehzahl der Spindelmutter

erfolgen und ist beispielsweise konstruktiv durch das Getriebe und/oder den Elektromotor begrenzt.

Die Limitierung der Drehzahl wird im Schritt des Bestimmens eines Grenzwertes zumindest in Abhängigkeit der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit durchgeführt. In vorteilhafter Weise lassen sich neben einer momentanen Lenkwinkelanforderung auch die Position der Spindel und/oder der Fahrzeugsituation berücksichtigen. Zur Lenkwinkelanforderung wurde oben bereits erwähnt, dass diese unterschiedlich ausfallen kann. Es kann eine große Lenkwinkeländerung, zum Beispiel beim Parkieren von Lenkeinschlag maximal nach links zu einem Lenkeinschlag maximal nach rechts geändert werden. Dieses kann zum Beispiel aufgrund des Fahrerwunsches mit einer großen Änderungsgeschwindigkeit mittels der Lenkhandhabe angesteuert werden. Hierbei ändert sich die Position der Spindel innerhalb des Gehäuses des Aktuators maximal. Zusätzlich kann es sein, dass auf dem Fahrzeug sehr breite Reifen verwendet werden und das Fahrzeug stark beladen ist. Die Umgebungstemperatur (Temperatur des Schmiermittels innerhalb des Spindelantriebes, der Fahrbahn und der Reifen) spielt ebenfalls eine bedeutende Rolle, da bei niedriger Temperatur sich höhere Reibwerte ergeben, z.B. aufgrund einer geänderten Viskosität des Schmiermittels. Unter der zusätzlichen Berücksichtigung der Lenkwinkelanforderung und/oder der Spindelposition und/oder der Fahrzeugsituation kann die Bestimmung des Grenzwerts der Drehzahl der Spindelmutter qualitativ weiter optimiert werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können Schwingungen des Aktuators, bevorzugt sich ankündigende Resonanzschwingungen, detektiert werden, welche im Schritt des Bestimmens des Grenzwerts berücksichtigt werden. Diese können mittels geeigneter Sensorik, wie zum Beispiel Körperschallsensoren, bevorzugt mittels mikro-mechanischen piezoelektrischen Signalaufnehmern, vorgenommen werden. Zumindest ein Signalaufnehmer ist beispielsweise mit dem Gehäuse des Aktuators fest verbunden, bevorzugt innerhalb des Gehäuses angeordnet. Die Verbindung mit der Steuereinheit kann drahtlos oder über eine Signalleitung ausgeführt sein. Erreicht die Schwingung ein in der Steuereinheit hinterlegtes Niveau, so wird dieses bei der Bestimmung des Grenzwertes für die Drehzahl der Spindelmutter berücksichtigt.

Es können des Weiteren Lenkwinkelbereiche festgelegt sein, wobei einem jeweiligen Bereich ein bestimmter Grenzwert zugeordnet sein kann. Bei einem momentanen Lenkwinkel kleiner 50-80 % eines maximal möglichen Lenkwinkels kann im Schritt des Bestimmens ein anderer Grenzwert bestimmt werden als außerhalb dieses Bereiches. Vorzugsweise lässt sich der Bereich beschränken auf einen Lenkwinkel kleiner 65-70 % eines maximal möglichen Lenkwinkels. Es ergibt sich bspw. ein erster Bereich mit einem Lenkwinkel von 0-70 % eines maximal möglichen Lenkwinkels und ein zweiter Bereich mit einem Lenkwinkel größer 70 % bis zum maximal möglichen Lenkwinkel. Beispielsweise kann an einer Hinterachse konstruktiv maximal ein Lenkwinkel von 10° möglich sein. Ist dieser maximale Lenkwinkel eingestellt und erfolgt ein Zurücklenken zum Beispiel auf 8°, so wird in dem zweiten Bereich eine Limitierung der Drehzahl der Spindelmutter vorgenommen. In dem ersten Bereich 0 bis 70% bzw. hier von 0 bis 7° kann beispielsweise keine Limitierung vorgesehen sein, weil bei Lenkwinkeln dieser Größenordnung die Vorspannung derart gering ist, dass Drehschwingungen in dem Aktuator zu vernachlässigen sind oder nicht auftreten. Mit anderen Worten kann ein Grenzwert bevorzugt oberhalb von 70% bis 100% des maximalen Lenkwinkels bestimmt werden. Vorzugsweise wird der Grenzwert aufgehoben, wenn der Lenkwinkel in den Bereich von 0 bis 70% geändert wird bzw. diesen erreicht. Die Zuordnung der Bereiche kann in vorteilhafter Weise als Kennlinie in einer Steuereinheit hinterlegt sein, sodass im Schritt des Bestimmens anhand der Kennlinie ein jeweiliger Grenzwert abgerufen oder zugeordnet werden kann.

Für unterschiedliche Fahrsituationen können dabei unterschiedliche Kennlinien in einer Steuereinheit hinterlegt sein. Diese Überlegung berücksichtigt, dass sich ein vordefinierter maximaler Lenkwinkel, welcher konstruktiv mit der Steer-by-wire-Lenkung in dem jeweiligen Kraftfahrzeug möglich ist, aufgrund von Randbedingungen ändern kann. Eine solche Fahrsituationen kann sich beispielsweise durch eine Beladung des Fahrzeugs ergeben. Durch die Beladung tauchen beispielsweise die Räder tiefer in die Radhäuser ein und der maximale Lenkwinkel muss limitiert werden, weil ansonsten die Räder bzw. Reifen mit Teilen des Fahrwerks oder der Karosserie kollidieren würden, wenn der konstruktiv maximal mögliche Lenkwinkel eingestellt würde. Die Beladung bewirkt zudem eine höhere Radlast, welche eine höhere Kraft zum Lenken bedingt. Die Beladung des Fahrzeugs kann in bekannter Weise mittels geeigneter Sensorik, wie zum Beispiel einer

Höhenstandserkennung, erfasst werden. Aufgrund der Höhenstandserkennung kann beispielsweise eine Kennlinie gewählt werden, welche einen geringeren maximalen Lenkwinkel aufweisen kann. Ein begrenzter maximaler Lenkwinkel kann sich zum Beispiel auch aufgrund der Verwendung breiterer Reifen oder der Verwendung von Schneeketten etc. ergeben. Aufgrund des zur Verfügung stehenden Bauraums im Bereich der Radhäuser kann es hier ebenfalls erforderlich sein, dass der maximal zur Verfügung stehende Lenkwinkel z.B. durch eine Kennlinie beschränkt werden muss, weil nicht ausreichend Raum für Lenkbewegungen zur Verfügung steht. Die Reifen bzw. Räder können hierzu beispielsweise mit RFID-Sensorik ausgestattet sein, welche einer Steuereinheit die Reifenbeschaffenheit signalisiert. Somit können über diese Möglichkeit auch von dem Normalzustand des Fahrzeugs abweichende und für die Fahrsituation hinreichende Stützstellen für Grenzwerte zur Limitierung der Beschleunigung gegeben sein.

Bevorzugt wird die Beladung und die damit einhergehenden höheren Radlasten in zumindest einer Kennlinie berücksichtigt.

Wird das Fahrzeug mit der oben genannten niedrigen Geschwindigkeit bewegt, so bewirkt der Grenzwert, also die limitierte Drehzahl der Spindelmutter, ein langsames Ändern der Radlenkwinkel. Zur Erreichung eines Solllenkwinkels aufgrund einer Lenkwinkelanforderung wird der Aktuator grundsätzlich mit einer vordefinierten Stellgeschwindigkeit gefahren, um einen Lenkwinkel an Rädern einer Achse gemäß der Lenkwinkelanforderung in einer bestimmten Zeit einstellen zu können. Durch die limitierte Drehzahl ergäbe sich ein Offset, sodass der angeforderte Lenkwinkel erst später erreicht wird als ohne die Limitierung. Um diesen Offset zu kompensieren, wird die Lenkgeschwindigkeit bzw. der Lenkgradient zumindest temporär verändert, bevorzugt erhöht. Dazu wird die vordefinierte Stellgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des angeforderten Lenkwinkels und/oder eines momentan eingestellten Lenkwinkels und/oder der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit erhöht. Es wird mit anderen Worten nach dem langsameren Drehen der Spindelmutter unter Anwendung des Grenzwertes zumindest temporär auf eine höhere Drehzahl erhöht und somit auf einen höheren Lenkgradienten beschleunigt. In vorteilhafter Weise wird so, trotz der limitierten Drehzahl, die Änderung des Lenkwinkels durch die Steer-by-wire-Lenkung in der gleichen Zeit erreicht wie mit

der Nenndrehzahl ohne eine Limitierung. Der Lenkgradient kann bei einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs vom Stillstand bis zu maximal 1 km/h, vorzugsweise bis zu 0,7 km/h, in einem Bereich von 0-12°/s liegen. In Abhängigkeit der Lenkwinkelanforderung wird die Steer-by-wire-Lenkung mit einer dem angepassten Lenkgradienten notwendigen Geschwindigkeit betrieben. Bei einer temporären Erhöhung des Lenkgradienten kann dieser um 20 bis 70%, vorzugsweise um 30 bis 50% erhöht werden. Bevorzugt kann der maximale Lenkgradient von hier 12°/s kurzzeitig um 4 bis 6°/s auf 18°/s erhöht werden, so dass die beabsichtigte Lenkwinkeländerung in der vorgesehenen Zeit, d.h. möglichst gemäß der Lenkwinkelanforderung durchgeführt werden kann. Die Erhöhung wird bevorzugt so eingesteuert, dass der für die Schwingungsanregung kritische Bereich möglichst ausgeschlossen wird.

Damit es bei Verlassen der niedrigen Geschwindigkeit und zunehmender Geschwindigkeit, vorzugsweise einer starken Zunahme der Geschwindigkeit des Fahrzeuges aufgrund z.B. einer plötzlichen hohen Beschleunigung des Fahrzeuges, nicht zu einer schlagartigen Drehzahländerung und somit zu einer plötzlichen Lenkbewegung kommt, kann vorgesehen sein, dass mit zunehmender Geschwindigkeit kein hartes Umschalten der Drehzahl und somit des Lenkgradienten vorgenommen wird. Es wird der Grenzwert zur Limitierung der Drehzahl bevorzugt nicht schlagartig geändert. Stattdessen wird bevorzugt eine allmähliche Anpassung im Sinne eines sanften Überganges der zuvor geänderten Drehzahl auf einen Sollwert bzw. die Nenndrehzahl vorgenommen. Dieses ist mit Blick auf Fahrsicherheit bzw. Beherrschbarkeit des Fahrzeuges und dem Fahrkomfort von Vorteil.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird in einem weiteren Schritt die momentane Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, insbesondere in Intervallen, vorzugsweise in Intervallen von 10 ms erfasst. Dabei wird im Schritt des Bestimmens des Grenzwertes die momentane Geschwindigkeit berücksichtigt, wobei oberhalb einer Grenzgeschwindigkeit der Grenzwert aufgehoben wird. Die Grenzgeschwindigkeit kennzeichnet das Verlassen der vorgenannten niedrigen Geschwindigkeit und liegt somit größer 1 km/h, bevorzugt 1,1 km/h, vorzugsweise oberhalb von 0,7 km/h, höchst vorzugsweise 0,71 km/h. Bevorzugt wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren der Grenzwert für die limitierte Drehzahl in Abhängigkeit des momentanen Lenkwinkels der Räder

an der jeweiligen Achse des Kraftfahrzeuges bestimmt. Liegt der Lenkwinkel in dem vorgenannten ersten Bereich bei 0-70 % eines maximal möglichen Lenkwinkels an der betreffenden Achse, so wird bei dieser Ausführung im Schritt des Bestimmens des Grenzwertes die Drehzahl vorzugsweise nicht limitiert. Im Sinne einer zusätzlichen Redundanz bzw. um das Verfahren im Hinblick auf das Bestimmen des Grenzwertes genauer und mit größerer Sicherheit für die Fahrzeuginsassen ausführen zu können, kann in vorteilhafter Weise das Betreiben der Steer-by-wire-Lenkung weiter verbessert werden.

Aus dem vorgenannten Ausführungsbeispiel sind diverse Fahrzeugparameter bekannt, welche zum Teil sensorisch erfasst werden können. Für verschiedene Fahrzeugsituationen ergeben sich, wie vorgenannt beschrieben, Bereiche. In Abhängigkeit von zum Beispiel der Fahrzeuggeschwindigkeit können Kennlinien in einer Steuereinheit hinterlegt sein, welche bestimmte Fahrzeugparameter in bestimmten Bereichen abbilden. Bei der Bestimmung des Grenzwertes für die Drehzahl der Spindelmutter können im Schritt des Bestimmens in vorteilhafter Weise Kennlinien herangezogen werden. Derartige Kennlinien vereinfachen die Bestimmung des Grenzwertes und schließlich das Einstellen des Lenkwinkels zumindest eines Rades an einer Fahrzeugachse unter Anwendung des Grenzwertes der Drehzahl der Spindelmutter.

Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform, bei der im Schritt des Ansteuerns des Aktuators der Lenkwinkel an einer lenkbaren Hinterachse des Kraftfahrzeugs angesteuert wird. Ist an der Hinterachse ein Lenkwinkel einstellbar, welcher gegensinnig zu den Lenkwinkeln an der Vorderachse verläuft, so ergibt sich bei niedrigen Geschwindigkeiten ein kleinerer Wendekreis als bei einem Fahrzeug mit nicht gelenkter Hinterachse. Das Fahrzeug lässt sich aufgrund der Lenkung der Hinterräder verbessert Rangieren bzw. Parkieren. Die lenkbare Hinterachse ist vorzugsweise als eine Steer-by-wire-Lenkung ausgebildet.

Nach einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Steuereinheit zur Steuerung eines Aktuators einer Steer-by-wire-Lenkung eines Kraftfahrzeugs, wobei die Steuereinheit zumindest die folgenden Merkmale aufweist:

- eine Schnittstelle zum zumindest mittelbaren Erfassen einer Drehzahl einer Spindelmutter (25), welche eine momentane Drehzahl (r_{sm_cur}) repräsentiert,
- eine Schnittstelle zum Erfassen einer Fahrzeuggeschwindigkeit, welche eine momentane Geschwindigkeit (v_{cur}) des Kraftfahrzeuges repräsentiert
- eine Schnittstelle zum Erfassen eines Lenkwinkels, welcher einen momentanen Lenkwinkel ($RLwv_mom$, $RLwh_mom$) zumindest eines Rades (5, 6) eines Kraftfahrzeugs repräsentiert,
- eine Schnittstelle zum Erfassen einer Lenkwinkelanforderung (Lw_req_cur), welche eine momentane Lenkwinkeländerung aufgrund eines Fahrerwunsches oder von dieser Steuereinheit (SG) oder einer weiteren Steuereinheit bestimmten Änderung eines Lenkwinkels repräsentiert,
- eine Einheit zum Bestimmen eines Grenzwertes der Drehzahl der Spindelmutter (25) des Aktuators (10) einer Steer-by-wire-Lenkung (12), welcher einen Grenzwert (r_{sm_lim}) repräsentiert,
- eine Einheit zum Ansteuern des Aktuators der Steer-by-wire-Lenkung zum Einstellen eines Lenkwinkels ($RLwv$, $RLwh$) zumindest eines Rades (5, 6) unter Anwendung des Grenzwertes (r_{sm_lim}).

Die Steuereinheit ist dabei ebenfalls in der Lage, die limitierte Drehzahl temporär, also zeitweise bzw. für eine bestimmte Zeitdauer zu begrenzen. Die Steuereinheit kann die momentane Drehzahl der Spindelmutter bevorzugt aus der Drehzahl des Elektromotors bestimmen, bevorzugt errechnen. Die Drehzahl des Elektromotors ergibt sich bevorzugt mittels eines in diesen eingebauten Rotorlagesensors, welcher vorzugsweise als Inkrementalsensor ausgebildet ist. Die Steuereinheit berücksichtigt hierbei gegebenenfalls eine vorhandene Übersetzung, welche sich durch die Getriebeübersetzung ergibt. Die Steuereinheit kann ebenfalls die Spindelposition bestimmen, vorzugsweise mittels des Rotorlagesensors des Elektromotors. Es kann zusätzlich ein Linearwegsensor für die Plausibilisierung der Position der Spindel genutzt werden, welcher bevorzugt berührungslos arbeitet.

Die Steuereinheit kann ein Steuergerät sein, welches beispielsweise ein elektrisches Gerät sein kann, das elektrische Signale, beispielsweise Sensorsignale verarbeitet und in Abhängigkeit davon Steuersignale ausgibt. Die Vorrichtung 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 in Form bzw. als Teil eines Computerprogramms ausgebildet sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller neben anderen Softwaremodulen implementiert sind.

Von Vorteil ist auch ein Computerprogramm-Produkt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Datenträger 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 Steuereinheit ausgeführt wird.

In vorteilhafter Weise kann durch die Erfindung ohne Änderung der Mechanik eines bestehenden Aktuators einer Steer-by-wire-Lenkung mittels verfahrensgemäßer Ansteuerung eine Minimierung des Schwingverhaltens des Aktuators bzw. der darin enthaltenen Bauteile bewirkt werden. Im Zusammenhang mit der Verbesserung der Schmierstoffversorgung kann somit insgesamt die Lebensdauer der Steer-by-wire-Lenkung kostengünstig verbessert werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine Fahrzeugachse mit Steer-by-wire-Lenkung,
- Fig. 2 einen Aktuator einer Steer-by-wire-Lenkung,
- Fig. 3 ein Schaubild zum erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 1 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Steer-by-wire-Lenkung 12 an einer Fahrzeugachse 1, hier dargestellt in Draufsicht als eine Hinterachse mit einem Hilfsrahmen 2, der an einem Fahrzeugaufbau befestigt ist bzw. diesem zuzurechnen ist und mit dem Chassis (Fahrwerk) der Karosserie eines Kraftfahrzeuges verbunden ist. Die Erfindung ist jedoch nicht auf eine Hinterachse beschränkt. Die Räder 5 und 6 sind mittels Lenkern 3, 4 an dem Hilfsrahmen 2 angelenkt. Die Lenker 3, 4 sind Teil der Radaufhängung für die Räder 5, 6. An dem Hilfsrahmen 2 ist ein Aktuator 10 einer Steer-by-wire-Lenkung 12 angeordnet. Der Aktuator 10 ist mit seinem Gehäuse 21 an dem Hilfsrahmen 2 befestigt. Die Steer-by-wire-Lenkung 12 ist in der vorliegenden Ausführung als eine zentrale Lenkung ausgebildet, welche auf beide Räder 5, 6 der Achse wirkt. Sie weist eine durchgehende Lenkstange in Form einer Spindel 27 auf, welche durch das Gehäuse 21 des Aktuators 10 hindurchgeführt und als axial verschiebbare Spindel ausgebildet ist. Der Elektromotor 22 ist achsparallel zur Spindel 27 angeordnet. An den Enden der längsverschiebbaren Spindel 27 sind Spurstangen 23, 24 angelenkt, welche mit dem von dem Aktuator 10 abgewandten Ende jeweils mit einem nicht dargestellten Radträger der Räder 5 und 6 gelenkig verbunden sind. Es ist offensichtlich, dass bei einer axialen Verlagerung, also einer Verlagerung der Spindel 27 entlang der Längsachse s in die eine oder andere Richtung eine Veränderung des Radlenkwinkels 8, 9 erfolgt. Dieses ergibt sich daraus, dass die Spurstangen 23, 24 eine Zwangsverbindung zwischen den jeweiligen Rädern 5, 6 bzw. den Radträgern und dem Aktuator 10 darstellen. Zur Lenkung der Räder 5, 6 sind diese bzw. die Radträger um deren Hochachse drehbar mit den Radträgern verbunden.

Fig. 2 zeigt eine detaillierte schematische Darstellung des in Figur 1 bereits gezeigten Aktuators 10. Der Aktuator 10 weist ein Gehäuse 21 auf, an dem achsparallel ein Elektromotor 22 angeordnet ist. In dem Gehäuse 21 ist der Spindeltrieb 20, bestehend aus der Spindelmutter 25 und der als Spindel mit Außengewinde ausgeführten Spindel 27, angeordnet. Die Spindel ist gegen Verdrehen gesichert (nicht dargestellt). Spindelmutter 25 und Spindel 27 befinden sich in Eingriff und bilden ein Bewegungsgewinde aus. Die Spindelmutter 25 ist gegenüber dem Gehäuse 21 mit einem Wälzlager 29 ortsfest und drehbar gelagert. Durch die Spindelmutter 25 hindurchgeführt und koaxial zu dieser angeordnet ist die Spindel (Lenkstange 27). Auf der von dem Wälzlager 29 abgewandten Seite der Spindelmutter 25 ist ein Riemenrad 30 drehfest auf der Spindelmutter 25

angeordnet. Der Elektromotor 22 weist ein Antriebsritzel 32 auf. Ein Antriebsriemen 34 in Form eines Zahnriemens umschlingt sowohl das Antriebsritzel 32 als auch das Riemrad 30, so dass bei Drehbewegung des Elektromotors 22 die Spindelmutter 25 schlupffrei in Drehbewegung um die Längsachse s versetzt wird. Antriebsritzel 32, Riemrad 30 und der Antriebsriemen 34 bilden ein Getriebe aus. Je nach Drehrichtung der Spindelmutter 25 erfolgt eine lineare Verlagerung bzw. Verschiebung der Spindel 27 in die eine oder andere Richtung entlang der Längsachse s in Abhängigkeit der Drehrichtung des Elektromotors 22. Aufgrund der Drehung des Elektromotors ergibt sich durch die Drehzahl des Elektromotors 22 in Verbindung mit der Übersetzung des Riemengetriebes eine Drehzahl der Spindelmutter 25. Durch eine im Wesentlichen axial auf die Spindel 27 einwirkenden Kraft F_{ext} , z.B. aufgrund von Seitenkräften der Räder, kann es zu einer Erhöhung der Reibung in dem Bewegungsgewinde kommen. Dieses liegt darin begründet, dass sich aufgrund der Kraft F_{ext} die Flächenpressung der Flanken des Außengewindes der Spindel 27 und des Innengewindes der Spindelmutter 25 erhöht. Es kann die Spindel aufgrund der Reibung zu Schwingungen angeregt werden. Als Folge kann sich die Laufruhe des Spindelantriebs 20 aufgrund einer Reaktion der Reibpartner Spindelmutter 25 und Spindel bzw. Lenkstange 27 verschlechtern.

Fig. 3 stellt in einem Ablaufdiagramm schematisch ein erfindungsgemäßes Verfahren dar. Zum Beispiel über einen Signalbus im Fahrzeug, wie einen CAN-Bus oder Flexray-Bus, werden der Steuereinheit SG eine momentane Fahrzeuggeschwindigkeit v_{cur} , eine momentane Lenkwinkelanforderung $LW_{\text{req_cur}}$, eine Spindelposition S_{pos} , ein Fahrzeugzustand c_{sit} , ein Schwingungswert vib_{cur} des Aktuators 10 sowie eine Drehzahl $r_{\text{sm_cur}}$ der Spindelmutter 25 bereitgestellt. Hierzu sind jeweils Schnittstellen 100, 110, 120, 130, 140, 150 vorgesehen. Durch die Pfeile wird vereinfacht der Signalfluss der vorgenannten Parameter zur Steuereinheit SG dargestellt. In einem ersten Schritt 200 wird zumindest die Drehzahl $r_{\text{sm_cur}}$ der Spindelmutter 25 des Spindelantriebs 20 sowie die momentane Fahrzeuggeschwindigkeit v_{cur} in der Steuereinheit SG erfasst. Die Erfassung der Parameter in der Steuereinheit erfolgt fortwährend und in Intervallen von 10 ms. In einem nächsten Schritt 220 erfolgt ein Abgleich mit in der Steuereinheit hinterlegten Kennlinien. Mittels der Kennlinien sind die Beziehungen der vorgenannten Parameter zueinander in bestimmten Bereichen hinterlegt. Beispielsweise kann in einem Geschwindigkeitsbereich von 0-1 km/h die Änderung eines

Reibwertes in Abhängigkeit von einer Reifengröße bzw. Reifenbreite hinterlegt sein. In einer weiteren Kennlinie kann die Änderung der Spindelposition S_{pos} in Abhängigkeit von der Drehzahl der Spindelmutter 25 hinterlegt sein. In einer weiteren Kennlinie kann eine Änderung des Reibwertes innerhalb des Bewegungsgewindes in Abhängigkeit von der Spindelposition S_{pos} gegenüber der Spindelmutter 25 hinterlegt sein. In einer weiteren Kennlinie kann der Einfluss der Reibung innerhalb des Spindelantriebes 20 bzw. innerhalb des Bewegungsgewindes auf das Schwingverhalten der Spindel (Lenkstange) 27 hinterlegt sein. In einem weiteren Schritt 240 wird der Grenzwert r_{sm_lim} der Drehzahl der Spindelmutter 25 zumindest in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit v_{cur} bestimmt. Dabei kann die Steuereinheit SG auf dort hinterlegte Kennlinien zugreifen und die dort hinterlegten Wertepaarungen berücksichtigen, welche vorher beispielhaft genannt sind.

Ist der Grenzwert r_{sm_lim} bestimmt, so wird in einem weiteren Schritt 250 der Aktuator 10 zum Einstellen eines Lenkwinkels RLW_v , RLW_h zumindest eines Rades 5, 6 an einer Fahrzeugachse angesteuert, wobei der Grenzwert r_{sm_lim} der Drehzahl der Spindelmutter 25 angewendet wird. Der Aktuator 10 stellt im Schritt 300 daraufhin den Lenkwinkel mit einer von der Nenndrehzahl abweichenden, nämlich geringeren Drehzahl aufgrund des zuvor bestimmten Grenzwertes r_{sm_lim} , ein. Durch die gegenüber der Nenndrehzahl verminderte Drehzahl der Spindelmutter 25 wird in der aktuellen Situation vermieden, dass es zu Resonanzschwingungen der Spindel 27 kommt. Der Grenzwert r_{sm_lim} wird zumindest solange beibehalten, bis die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{cur} über einen Schwellwert ansteigt, beispielsweise größer oder gleich 1 km/h. Ist in dem Steuergerät beispielsweise mittels einer Kennlinie hinterlegt, dass ab dieser Geschwindigkeit die durch den Grenzwert r_{sm_lim} begrenzte Drehzahl wieder auf die Nenndrehzahl angehoben werden kann, so steuert die Steuereinheit den Aktuator 10 derart an, dass die Drehzahl der Spindelmutter 25 allmählich von der begrenzten Drehzahl r_{sm_lim} auf die Nenndrehzahl angehoben wird. In Abhängigkeit von der Zeitdauer der Begrenzung der Drehzahl wird die Drehzahl der Spindelmutter 25 temporär auf eine die Nenndrehzahl übersteigende Drehzahl angehoben. Damit kann kompensiert werden, dass die angeforderte Änderung des Lenkwinkels in derselben Zeit erfolgt, als wäre der Grenzwert r_{sm_lim} der Drehzahl nicht angewendet und die Spindelmutter mit der Nenndrehzahl betrieben worden.

Die vorhergehend gezeigte Berücksichtigung von Fahrzeugparametern zur Bestimmung des Grenzwertes einer Drehzahl der Spindelmutter 25 zeigt lediglich eine Möglichkeit im Sinne eines Ausführungsbeispiels. Die dort ebenfalls genannten weiteren Parameter können einzeln oder in beliebiger Kombination für die Bestimmung des Grenzwertes der Drehzahl der Spindelmutter 25 berücksichtigt werden.

Die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte können wiederholt sowie in einer anderen als in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Die Erfindung ist somit nicht auf eine hier genannte Reihenfolge beschränkt.

Bezugszeichen

1	Fahrzeugachse
2	Hilfsrahmen
3	Lenker
4	Lenker
5	Rad
6	Rad
8	Radlenkwinkel
9	Radlenkwinkel
10	Aktuator
12	Steer-by-wire-Lenkung
20	Spindelantrieb
21	Gehäuse
22	Elektromotor
23	Spurstange
24	Spurstange
25	Spindelmutter
27	Lenkstange, Spindel
29	Wälzlager
30	Riemenrad
32	Antriebsritzel
34	Zugmittel, (Zahn-) Riemen
100	Schnittstellen
110	Schnittstellen
120	Schnittstellen
130	Schnittstellen
140	Schnittstellen
150	Schnittstellen
200	Schritt des Erfassens
220	Schritt des Abgleichens mit Kennlinie

- 240 Schritt des Bestimmens eines Grenzwerts (Drehzahl Spindelmutter)
- 250 Schritt des Ansteuerns des Aktuators
- 300 Einstellen Lenkwinkel

c_sit	Fahrzeugzustand
F _{ext}	Kraft
Lw_req_cur	Lenkwinkelanforderung
r_sm_cur	Drehzahl Spindelmutter
r_sm_lim	Grenzwert Drehzahl
RLw _v	(Rad-) Lenkwinkel vorne
RLw _h	(Rad-) Lenkwinkel hinten
RLw _v _mom	(Rad-) Lenkwinkel vorne
RLw _h _mom	(Rad-) Lenkwinkel hinten
s	Längsachse
s_1	Sensor
s_2	Sensor
SG	Steuereinheit
S_pos	Spindelposition
v_cur	Geschwindigkeit
vib_cur	Schwingungswert

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung (12) eines Kraftfahrzeugs bei Geschwindigkeiten vom Stillstand bis zum Parkieren und/oder Rangieren, wobei die Steer-by-wire-Lenkung einen Aktuator (10) mit einem Spindelantrieb (20) zur axialen Verschiebung einer Spindel (27) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zumindest folgende Schritte aufweist:
 - Erfassen einer Drehzahl (r_{sm_cur}) einer Spindelmutter (25) des Spindelantriebes (20),
 - Erfassen einer Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{cur})
 - Bestimmen eines Grenzwertes (r_{sm_lim}) einer Drehzahl der Spindelmutter (25) zumindest in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{cur})
 - Ansteuern des Aktuators zum Einstellen eines Lenkwinkels (RLw_v , RLw_h) zumindest eines Rades (5, 6) an einer Fahrzeugachse unter Anwendung des Grenzwertes (r_{sm_lim}).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt des Bestimmens der Grenzwert (r_{sm_lim}) zumindest temporär verändert, vorzugsweise reduziert oder aufgehoben wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt des Bestimmens der Grenzwert (r_{sm_lim}) auf einen vordefinierten Minimalwert oder Maximalwert gesetzt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in weiteren Schritten zumindest eine Lenkwinkelanforderung (Lw_{req_cur}) und/oder eine Spindelposition (S_{pos}) und/oder ein Fahrzeugzustand (c_{sit}) erfasst wird oder werden, welche im Schritt des Bestimmens des Grenzwerts (r_{sm_lim}) berücksichtigt wird oder werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels zumindest eines Sensors (s_1 , s_2) Schwingungen des

Aktuators (10) detektiert werden, welche im Schritt des Bestimmens des Grenzwerts (r_{sm_lim}) berücksichtigt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Bestimmen des Grenzwertes (r_{sm_lim}) ein Lenkgradient temporär verändert wird, bevorzugt erhöht wird, bevorzugt in Abhängigkeit zumindest der momentanen Lenkwinkelanforderung (Lw_{req_cur}) und/oder eines momentan eingestellten Lenkwinkels (RLw_v_mom , RLw_h_mom) und/oder der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{cur}).

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Drehzahl (r_{sm_cur}) und/oder die momentane Geschwindigkeit (v_{cur}) des Fahrzeugs in Intervallen erfasst wird, wobei in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{cur}) der Grenzwert (r_{sm_lim}) der Drehzahl der Spindelmutter (25) aufgehoben wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass nach Aufhebung des Grenzwertes (r_{sm_lim}) eine allmähliche Rückführung auf den Sollwert der Drehzahl der Spindelmutter, bevorzugt in Abhängigkeit des momentan eingestellten Lenkwinkels (RLw_v_mom , RLw_h_mom) und/oder einer Lenkwinkelanforderung (Lw_{req_cur}) und/oder einer beabsichtigten Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit vorgenommen wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Bestimmung eines Grenzwerts (r_{sm_lim}) im Schritt des Bestimmens Fahrzeugparameter verwendet werden, welche aufgrund zumindest einer, insbesondere in einer Steuereinheit (SG) hinterlegten, Kennlinie bestimmt werden.

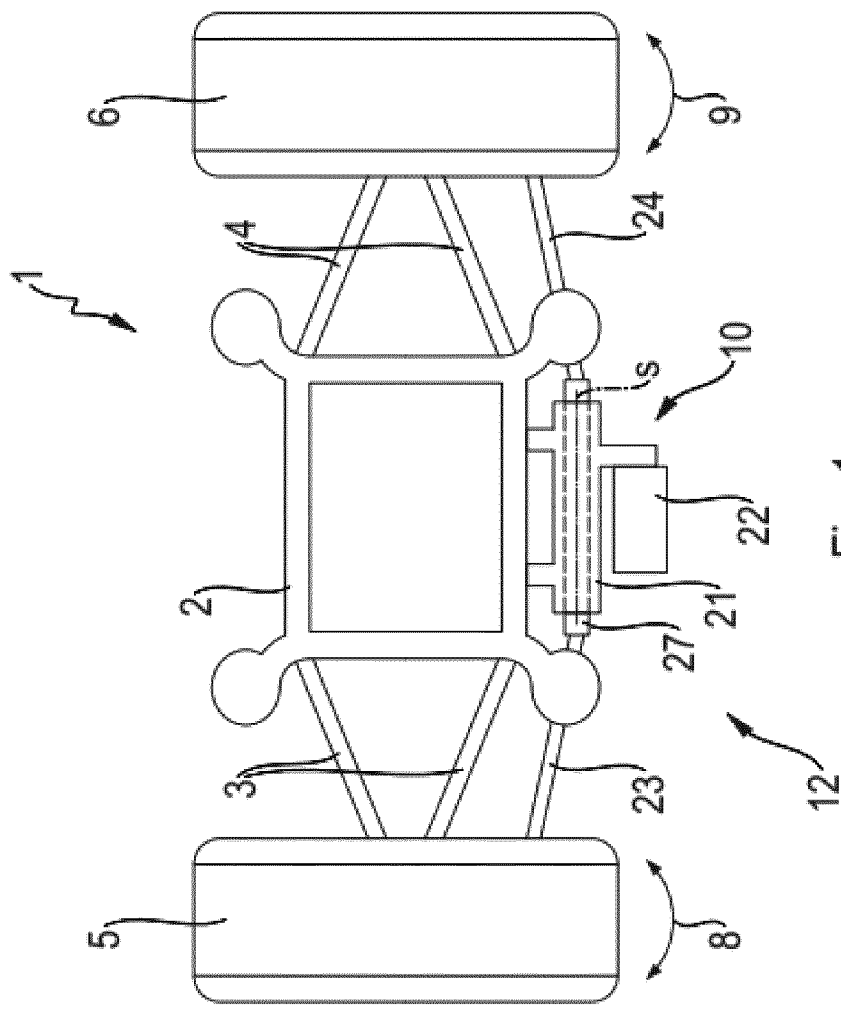
10. Steuereinheit (SG) zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung (12) eines Kraftfahrzeugs nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuereinheit die folgenden Merkmale aufweist:

- eine Schnittstelle zum zumindest mittelbaren Erfassen einer Drehzahl einer Spindelmutter (25), welche eine momentane Drehzahl (r_{sm_cur}) repräsentiert,
- eine Schnittstelle zum Erfassen einer Fahrzeuggeschwindigkeit, welche eine momentane Geschwindigkeit (v_{cur}) des Kraftfahrzeuges repräsentiert
- eine Schnittstelle zum Erfassen eines Lenkwinkels, welcher einen momentanen Lenkwinkel (RLw_v_mom , RLw_h_mom) zumindest eines Rades (2, 3) eines Kraftfahrzeugs repräsentiert,
- eine Schnittstelle zum Erfassen einer Lenkwinkelanforderung (Lw_req_cur), welche eine momentane Lenkwinkeländerung aufgrund eines Fahrerwunsches oder von dieser Steuereinheit (SG) oder einer weiteren Steuereinheit bestimmten Änderung eines Lenkwinkels repräsentiert,
- eine Einheit zum Bestimmen eines Grenzwertes der Drehzahl der Spindelmutter (25) des Aktuators (10) einer Steer-by-wire-Lenkung (12), welcher einen Grenzwert (r_{sm_lim}) repräsentiert,
- eine Einheit zum Ansteuern des Aktuators der Steer-by-wire-Lenkung zum Einstellen eines Lenkwinkels (RLw_v , RLw_h) zumindest eines Rades (5, 6) unter Anwendung des Grenzwertes (r_{sm_lim}).

11. Steer-by-wire-Lenkung, welche nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche von 1 bis 9 betrieben wird, wobei die Steer-by-wire-Lenkung (12) bevorzugt als Hinterachslenkung ausgebildet ist.

12. Computerprogramm, das dazu eingerichtet ist, das Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche von 1 bis 9 auszuführen, wobei das Computerprogramm bevorzugt auf einer Steuereinheit (SG) nach Anspruch 10 ausgeführt wird.

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



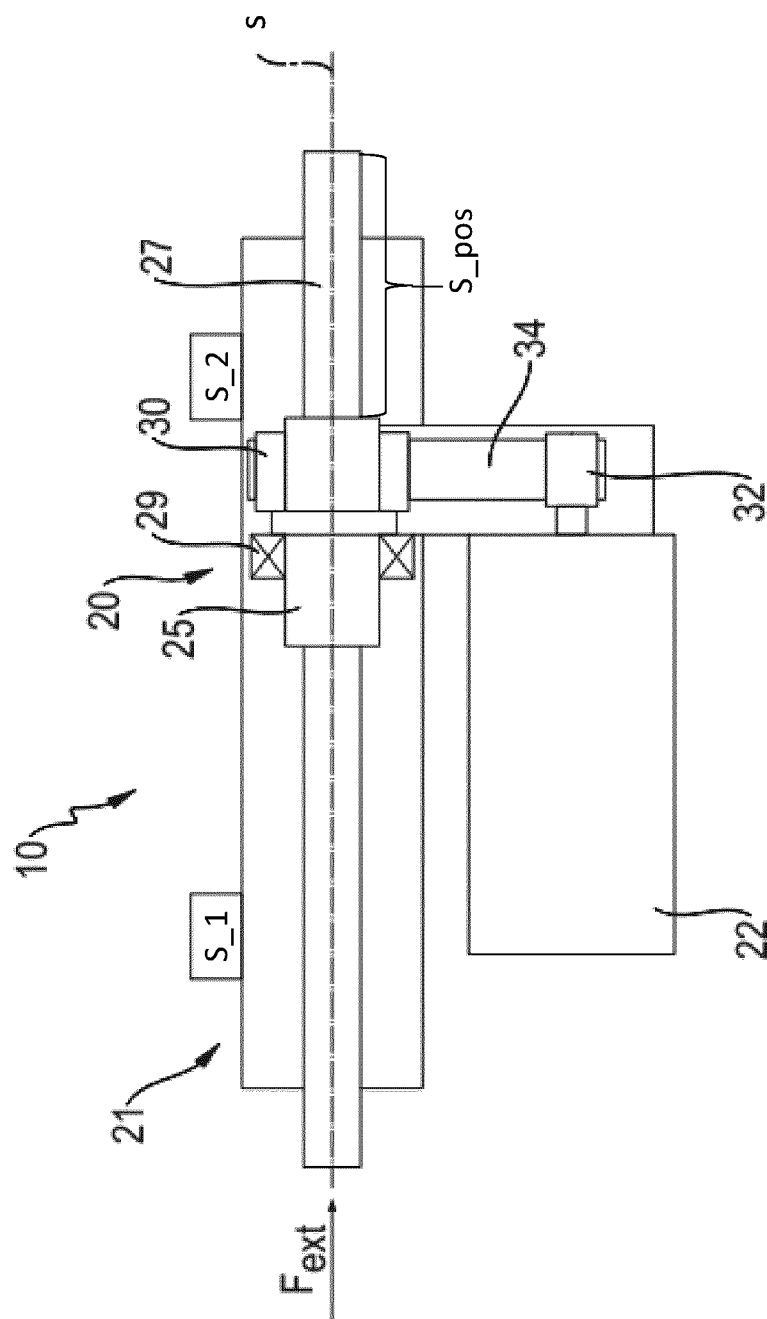


Fig. 2

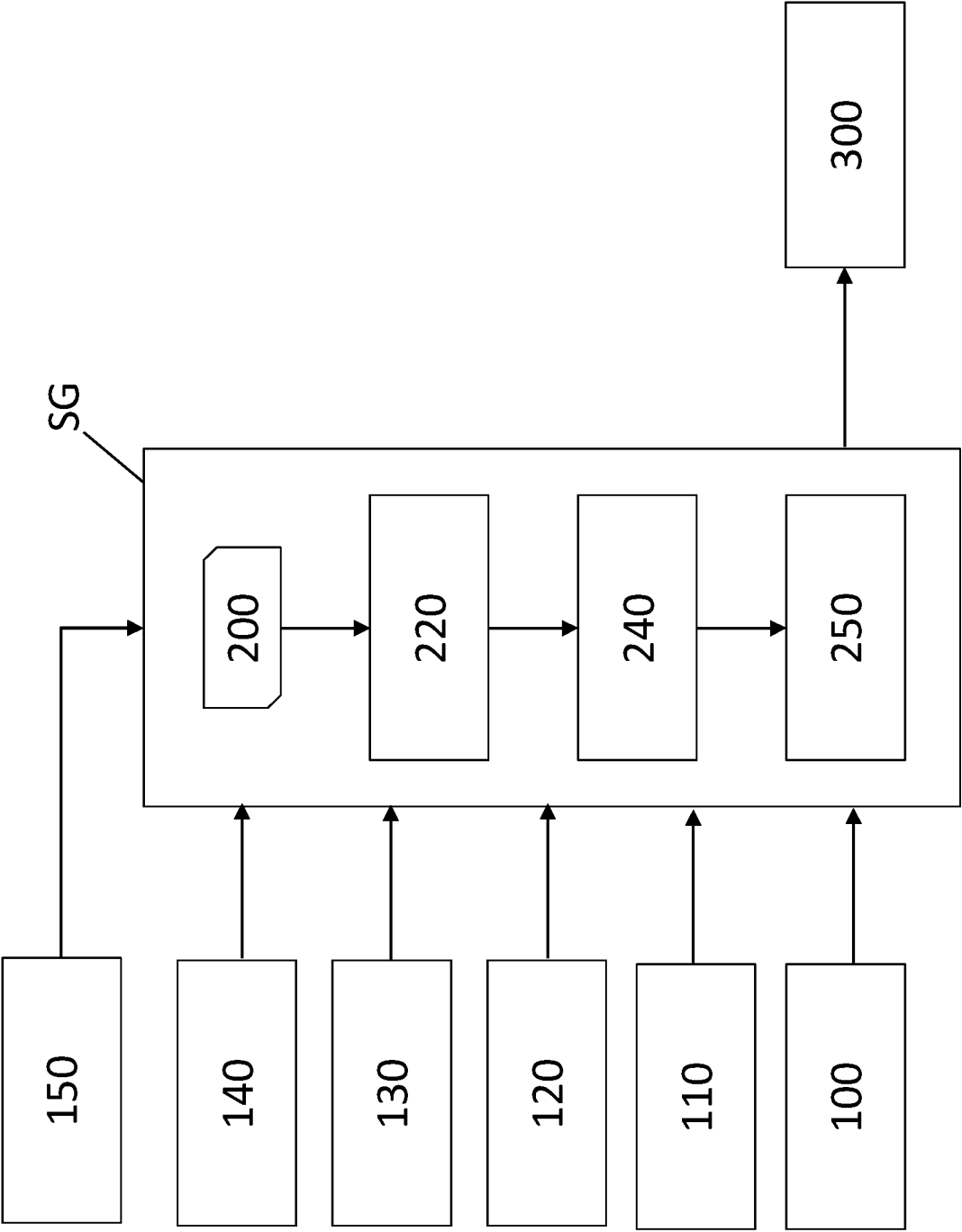


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/059944**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B62D 5/04**(2006.01)i; **B62D 6/00**(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 102019133917 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 17 June 2021 (2021-06-17) paragraphs [0035], [0036], [0043] - [0053], [0066]; figures 1-4,7B	1-4,6-13
A	DE 102020105797 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 09 September 2021 (2021-09-09) paragraphs [0022], [0023]; figure	1



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

26 June 2023

Date of mailing of the international search report

04 July 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

Kulozik, Ehrenfried

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/059944

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102019133917	A1	17 June 2021	CN	114746324	A	12 July 2022
				DE	102019133917	A1	17 June 2021
				US	2023011747	A1	12 January 2023
				WO	2021115695	A1	17 June 2021
DE	102020105797	A1	09 September 2021	CN	114761308	A	15 July 2022
				DE	102020105797	A1	09 September 2021
				WO	2021175361	A1	10 September 2021

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B62D5/04 B62D6/00 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 2019 133917 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 17. Juni 2021 (2021-06-17) Absätze [0035], [0036], [0043] - [0053], [0066]; Abbildungen 1-4, 7B -----	1-4, 6-13
A	DE 10 2020 105797 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 9. September 2021 (2021-09-09) Absätze [0022], [0023]; Abbildung -----	1
☐ 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
26. Juni 2023		04/07/2023
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 Kulozik, Ehrenfried

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/059944

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102019133917 A1	17-06-2021	CN 114746324 A	12-07-2022
		DE 102019133917 A1	17-06-2021
		US 2023011747 A1	12-01-2023
		WO 2021115695 A1	17-06-2021

DE 102020105797 A1	09-09-2021	CN 114761308 A	15-07-2022
		DE 102020105797 A1	09-09-2021
		WO 2021175361 A1	10-09-2021
