

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Dezember 2024 (12.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251625 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B62D 7/14 (2006.01) B62D 6/04 (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01) B62D 7/15 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/065050

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Mai 2024 (31.05.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 205 296.2
06. Juni 2023 (06.06.2023) DE

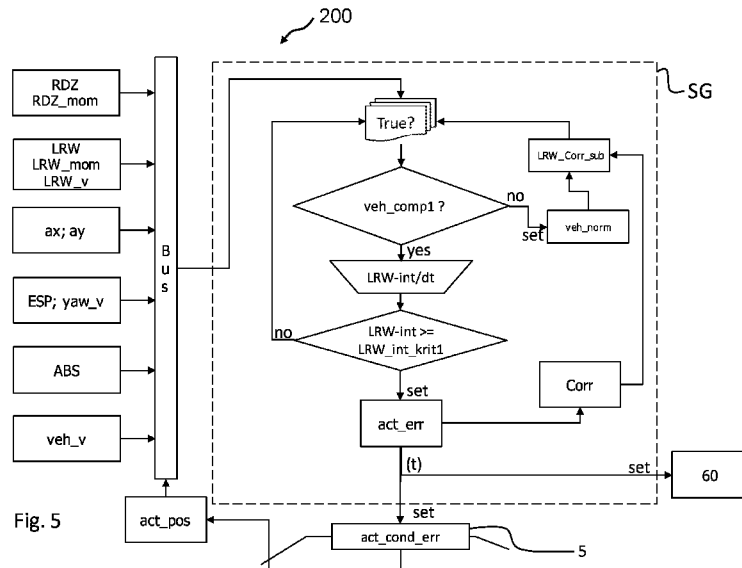
(71) Anmelder: ZF FRIEDRICHSHAFEN AG [DE/DE]; Lö-
wentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: WEIGT, Florian; Marmorweg 44, 49124 Ge-
orgsmarienhütte (DE). LAMPE, Johannes; Am Kirchen-
kamp 38, 49078 Osnabrück (DE). JURITSCH, Christoph;
Schwarzeneggweg 1, 8410 Wildon (AT). KAMPS, Phil-
ipp; Brunings Kamp 3, 49134 Wallenhorst (DE). BEX-
TERMÖLLER, Sebastian; Heinrichstr. 54, 49080 Osnä-
brück (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,

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

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



(57) Abstract: The invention relates to a method (200) for operating a steer-by-wire steering system of a vehicle (1) for steering wheels (2, 3) of at least one rear axle (31) by means of at least one actuator (5). The method (200) is characterised by at least the following steps (205, 210, 215, 220, 225): • detecting wheel speeds (RDZ_mom 2, 3) at wheels (2, 3) of the front axle (21) and/or the rear axle (31); • detecting a steering wheel angle (LRW_mom); • determining a vehicle movement (veh_mv_mom) taking into account at least the wheel speeds (RDZ_mom 2, 3) and the steering wheel angle (LRW_mom) representing a first vehicle state (veh_comp1) of a compensated straight-line drive of the vehicle (1); • summing the respective detected steering wheel angles (LRW_mom) over time (t) depending on the first vehicle state (veh_comp1) in order to form an offset integral (LRW_int); • comparing the offset integral (LRW_int) with at



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

least one first threshold value (LRW_int_krit1), wherein, when the first threshold value (LRW_int_krit1) is reached, a status (act_err) of the at least one actuator (5) of the rear axle is set, which status represents a fault state (act_cond_err) of the actuator.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren (200) zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs (1) zum Lenken von Rädern (2, 3) zumindest einer Hinterachse (31) mittels zumindest eines Aktuators (5) vorgestellt. Das Verfahren (200) zeichnet sich durch zumindest folgende Schritte (205, 210, 215, 220, 225) aus • Erfassen von Raddrehzahlen (RDZ_mom 2, 3) an Rädern (2, 3) der Vorderachse (21) und/oder der Hinterachse (31), • Erfassen eines Lenkradwinkels (LRW_mom), • Ermitteln einer Fahrzeugbewegung (veh_mv_mom) unter Berücksichtigung zumindest der Raddrehzahlen (RDZ_mom 2, 3) und des Lenkradwinkels (LRW_mom) repräsentierend einen ersten Fahrzeugzustand (veh_comp1) einer kompensierten Geradeausfahrt des Fahrzeugs (1), • Aufsummieren des jeweils erfassten Lenkradwinkels (LRW_mom) nach der Zeit (t) in Abhängigkeit des ersten Fahrzeugzustands (veh_comp1) zur Bildung eines Offset-Integrals (LRW_int), • Vergleichen des Offset-Integrals (LRW_int) mit zumindest einem ersten Schwellwert (LRW_int_krit1), wobei bei Erreichen des ersten Schwellwerts (LRW_int_krit1) ein Status (act_err) des zumindest einen Aktuators (5) der Hinterachse gesetzt wird, welcher einen Fehlerzustand (act_cond_err) des Aktuators repräsentiert.

Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs sowie Steer-by-wire-Lenkung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, auf eine Vorrichtung zum Ausführen eines solchen Verfahrens, auf eine Steer-by-wire-Lenkung für ein Fahrzeug, welche gemäß eines solchen Verfahrens mittels einer solchen Vorrichtung betrieben wird, auf ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, welches dazu eingerichtet ist, ein solches Verfahren auszuführen und auf ein maschinenlesbares Speichermedium, auf dem ein solches Computerprogramm gespeichert ist.

Bei Fahrzeugen mit Vierradlenkung werden von einer Lenkhandhabe, die einen Fahrerwunsch für eine Fahrtrichtung bzw. einen Fahrweg abbildet, mechanisch entkoppelte Steer-by-wire-Lenkungen eingesetzt, welche einen Radlenkwinkel an einer Achse eines Fahrzeugs einstellen können. Hierbei werden Aktuatoren zum tatsächlichen Einstellen der Radlenkwinkel z.B. an einer Hinterachse eingesetzt, bspw. bekannt aus DE 10 2014 206 934 A1. Diese umfassen einen Elektromotor, mittels welchem ein Rotations-/Translationsgetriebe angetrieben wird, um eine Lenkstange in Form einer Spindel translatorisch zu verlagern, welche gelenkig mit Radträgern gekoppelt ist, um diese und somit die daran drehbar gelagerten Räder um deren Hochachse zu verdrehen. Die mit der Lenkstange zumindest mittelbar gekoppelten Radträger bzw. Räder können so durch die Verlagerung der Lenkstange gelenkt werden. Ein Radlenkwinkel an einer Achse des Fahrzeuges kann somit eingestellt werden. Je nach Bauraum und Bauform der jeweiligen Achse kann ein Aktuator bei beiden Rädern einer Achse gleichzeitig den Radlenkwinkel einstellen. Möglich ist auch, dass je Rad ein einzelner Aktuator die Einstellung des Radlenkwinkels ausführt.

Um den Radlenkwinkel genau einstellen zu können, ist es erforderlich, dass die Position der Spindel bzw. Lenkstange stets bekannt ist. Diese Position lässt sich bestimmen mittels eines Rotorlagesensors, welcher den Drehwinkel bzw. die Umdrehungen des Rotors des Elektromotors zählt, sowie mittels der bekannten Übersetzung des Rotations-/Translationsgetriebes. Der Rotorlagesensor ist in bekannter Weise als ein sogenannter Multiturnsensor ausgebildet wie aus der DE 10 2018 213 112 A1 oder

DE 10 2020 114 871 A1 bekannt. Zur Überprüfung der Signale des Rotorlagesensors und auch zur Initialisierung der Steer-by-wire-Lenkung wird des Weiteren ein zusätzlicher Linearwegsensor eingesetzt, welcher die Bestimmung der absoluten Position der Lenkstange oder zumindest einer bestimmten Position, zumeist der Nullposition, ermöglicht. Ist die Nullposition bekannt, so kann der Rotorlagesensor auf diesen Wert, ggfs. nach einem Positionsverlust initialisiert werden. Alternativ zum Linearwegsensor können Umfeldsensoren eingesetzt werden, wie aus der gattungsgemäßen DE 10 2017 209 231 A1 hervorgeht, welche ein Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs zum Lenken von Rädern zumindest einer Hinterachse offenbart. Eine zweifelsfreie Funktion eines Aktuators einer Steer-by-wire-Lenkung zum exakten Einstellen der Radlenkwinkel an den Rädern eines Fahrzeugs ist wichtig, um einen beabsichtigten Fahrweg, auch Trajektorie genannt, erwartungsgemäß und sicher fahren zu können.

DE 10 2014 117 926 A1 lehrt des Weiteren das Berechnen eines Winkelversatzes einer Hinterradlenkung während sich das Fahrzeug in einer Geradeausfahrt befindet.

Vor diesem Hintergrund schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs, eine Vorrichtung zum Ausführen des Verfahrens, eine Steer-by-wire-Lenkung für ein Fahrzeug, ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln sowie ein maschinenlesbares Medium, welche aus den unabhängigen Ansprüchen hervorgehen. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs zum Lenken von Rädern zumindest einer Hinterachse. Die Lenkbewegung erfolgt dabei mittels zumindest eines Aktuators. Der Aktuator kann dabei einen Spindelantrieb aufweisen. Die Spindel wird mittels eines Drehantriebs und einer ortsfest gelagerten Spindelmutter translatorisch verlagert. Der Drehantrieb ist bevorzugt als Elektromotor ausgebildet und treibt die Spindelmutter entweder unmittelbar, z.B. mittels eines Hohlrotor-Elektromotors oder in einer bevorzugten Variante mittelbar mittels eines Getriebes, bevorzugt eines Zahnriemengetriebes an. Der Elektromotor ist in letzterer Ausführung parallel zur Längsachse, bevorzugt gemeinsamen Längsachse der Spindel und der Spindelmutter angeordnet und mit dem Gehäuse des

Aktuators verbunden, bevorzugt verschraubt. Wird die Spindelmutter in die eine oder andere Richtung gedreht bzw. in Rotation versetzt, so wird die Spindel, welche mit ihrem Außengewinde permanent in Eingriff mit dem Innengewinde der Spindelmutter ist, translatorisch in die eine oder andere Richtung entlang ihrer Längsachse verlagert. Das Bewegungsgewinde bestehend aus dem Außen- und dem Innengewinde kann als selbsthemmendes Gewinde, bevorzugt als Trapezgewinde oder als ein Gewinde mit geringerer Selbsthemmung oder ohne Selbsthemmung ausgebildet sein. Hierzu kann die Steigung des Gewindes entsprechend variiert werden oder es können Kugelumlauf- oder Rollgewindetriebe o.ä. mit geringer oder ohne Selbsthemmung eingesetzt werden. Die Spindel ist in ihrer Funktion als Lenkstange mit den Rädern, genauer mit um ihre Hochachse schwenkbaren Radträgern zumindest mittelbar gekoppelt. Die Räder sind drehbar an den um ihre Hochachse schwenkbaren Radträgern gelagert. Durch die translatorische Verlagerung der Spindel resp. Lenkstange ist so ein Radlenkwinkel an der betreffenden Fahrzeugachse einstellbar.

Aufgrund unterschiedlichster Einflüsse kann es sein, dass ein Aktuator an der Hinterachse einen Radlenkwinkel einstellt, welcher nicht zu der erwarteten Trajektorie führt. Als Grundüberlegung sei hier genannt, dass der Fahrer eine Geradeausfahrt des Fahrzeugs beabsichtigt, weil der Fahrweg einem geraden Fahrbahnabschnitt entspricht. Bei der Geradeausfahrt bewegt sich das Fahrzeug in der Regel entlang der Längsachse des Fahrzeuges und die Längsachse folgt quasi der Trajektorie. Die Radlenkwinkel sowohl an der Vorderachse als auch an der Hinterachse entsprechen unter Idealbedingungen auf einer nicht geneigten ebenen Fahrbahn ohne weitere Einflüsse, wie bspw. Seitenwind, einem Winkel von 0° . Hierbei beträgt der Lenkradwinkel, also der Winkel der Lenkhandhabe, z.B. eines Lenkrads zur Eingabe des gewünschten Fahrweges, ebenfalls 0° . Bei dieser Geradeausfahrt weisen sämtliche Räder sowohl an der Vorderachse als auch an der Hinterachse idealer Weise die gleiche Raddrehzahl bzw. Winkelgeschwindigkeit auf. Liegt nun an dem zumindest einen Aktuator zur Einstellung des Radlenkwinkels an der Hinterachse ein Stellfehler aufgrund eines tatsächlichen Positionsfehlers der Lenkstange bzw. Spindel oder auch ein Fehler in dem Getriebe vor, so stimmt der vom Aktuator eingestellte Radlenkwinkel nicht mit dem erwarteten bzw. benötigten Radlenkwinkel überein. Der Fahrer in der Absicht geradeaus zu fahren wird versuchen, mittels des Lenkrades an der Vorderachse gegenzulenken, um die beabsichtigte Geradeausfahrt fortsetzen zu

können. Beispielsweise kann bei einer beabsichtigten Geradeausfahrt anstatt 0° Radlenkwinkel an der Hinterachse mittels des Aktuators tatsächlich 1° nach rechts als Radlenkwinkel eingestellt sein. Der Fahrer würde bemerken, dass das Fahrzeug nicht geradeaus fährt, sondern in diesem Beispiel nach links giert. Er würde dies mit einer Drehung des Lenkrades nach rechts versuchen zu kompensieren. Dabei würde er, je nach Lenkübersetzung, das Lenkrad z.B. 10° nach rechts drehen, um einen Lenkwinkel von 1° an der Vorderachse einzustellen. Das Fahrzeug würde sich nun wieder geradeaus bewegen, wobei sich das Fahrzeug schiebend oder auch im sogenannten „Hundegang“ bewegen würde. Die Längsachse des Fahrzeugs würde dabei mit der Fahrtrichtung einen spitzen Winkel einschließen, aber der Trajektorie „Geradeaus“ folgen. Nach dem Kompensieren an der Vorderachse weisen sämtliche Räder an der Vorder- und an der Hinterachse wieder die gleichen Raddrehzahlen auf. Das Fahrzeug bewegt sich bezogen auf den beabsichtigten Fahrweg wieder geradeaus. Jedoch kann es sein, dass zum Spurhalten aufgrund des Fahrens auf einer geneigten Fahrbahn und/oder bei Seitenwind ein gewisses Gegenlenken erforderlich ist. Das Verfahren gemäß der Erfindung soll dazu dienen, einen Fehler an dem Aktuator der Hinterachslenkung sicher festzustellen. Es soll eine robuste Funktion vorliegen, die mit großer Sicherheit nur dann einen Fehler an dem Aktuator erkennt, wenn dieser auch tatsächlich vorliegt. Einflüsse wie vorgenannt sollen dabei ausgeblendet werden, so dass nur tatsächliche Fehlstellungen an dem Aktuator der Hinterachslenkung erkannt werden.

Gemäß der Erfindung werden in einem ersten Schritt die momentan vorliegenden Drehzahlen der Räder (Raddrehzahlen) an der Vorder- und an der Hinterachse erfasst. Raddrehzahlen lassen sich bspw. einfach mittels der an den Radträgern eines Fahrzeuges vorhandenen ABS-Drehzahlsensoren erfassen. Es kann aus den Drehzahlen zum einen eine Geschwindigkeit des Fahrzeugs bestimmt werden. Zum anderen können die Drehzahlen untereinander verglichen werden. Hierbei kann z.B. ein Abgleich des linken und rechten Rades einer Achse, der Räder achsweise oder auch seitenweise (linke Räder und rechte Räder eines Fahrzeugs) oder auch alle Räder miteinander verglichen werden. Wie oben gesagt, liegt an sich eine Geradeausfahrt vor, wenn die Räder gleiche Drehzahlen aufweisen. Hier können Abweichungen toleriert werden, welche im Rahmen der Messgenauigkeit oder auch mit Rücksicht auf eine nicht genau ebene Fahrbahn vorliegen. Der erfasste Zustand kann eine

Geradeausfahrt entlang der Längsachse des Fahrzeugs bedeuten, wobei die Räder einen gleichen Radlenkwinkel von etwa 0° , bevorzugt genau 0° aufweisen sollten. Alternativ kann ein Fahrzeug einen speziellen Fahrmodus anbieten, um das Fahrzeug z.B. schräg oder seitlich zu bewegen, um z.B. aus einer Parklücke heraus oder bewusst in einem Schrägfahrmodus zu fahren, auch Crabwalk genannt. Auch bei dieser speziellen Form der Geradeausfahrt sollten die Räder die im Rahmen einer Toleranz gleiche Drehzahl aufweisen und auch an der Vorder- und an der Hinterachse sollte ein gleicher Radlenkwinkel vorliegen.

Es wird in einem weiteren Schritt ein momentan vorliegender Lenkradwinkel erfasst. Aufgrund einer festgelegten Übersetzung ergibt sich ein an der jeweiligen Achse eingestellter Radlenkwinkel. Es kann bspw. bei Drehung von ca. 10° am Lenkrad eine Veränderung des Radlenkwinkels von ca. 1° ergeben.

Unter Berücksichtigung der aktuell erfassten Daten, also der Raddrehzahlen der Räder an zumindest einer Achse und des Lenkradwinkels, kann in einem weiteren Schritt eine momentane Fahrzeugbewegung ermittelt werden. In dem Fall, dass die Raddrehzahlen gleich sind und der LRW 0° entspricht, sollte eine Geradeausfahrt entlang der Längsachse des Fahrzeugs vorliegen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass der Aktuator zur Einstellung des Radlenkwinkels an der Hinterachse fehlerfrei arbeitet und die Null-Position der Spindel bzw. Lenkstange in dem Aktuator mit der tatsächlichen 0° -Position der Radlenkwinkel in Einklang ist. Ebenfalls kann davon ausgegangen werden, dass die Positionsermittlung des Aktuators bzw. dessen Lenkstange mittels des Rotorlagesensors einwandfrei funktioniert. Im vorgenannten Fall hat die Lenkstange die Position „Null“ und der Aktuator hat einen Radlenkwinkel von 0° eingestellt. Liegt jedoch bei gleichen Raddrehzahlen aufgrund des Gegenlenkens ein Lenkradwinkel verschieden von 0° an, um die Geradeausfahrt fortsetzen zu können, so wird eine momentane Fahrzeugbewegung ermittelt, welcher als ein erster Fahrzeugzustand einer kompensierten Geradeausfahrt erkannt wird.

Wie oben bereits gesagt, ist bei Vorliegen eines von 0° verschiedenen Lenkradwinkels eine Verifizierung erforderlich, ob tatsächlich ein Fehler am Aktuator der Hinterachse vorliegt oder ob z.B. Seitenwind o.a. Einflüsse die Kompensation mittels des Lenkrads erfordern, um geradeaus der Trajektorie folgen zu können. In einem

nächsten Schritt wird daher der jeweils momentan erfasste Lenkradwinkel nach der Zeit aufsummiert, bevorzugt in Intervallen, vorzugsweise Intervallen von 5 bis 50ms, höchst vorzugsweise 10 bis 20ms. Dieses geschieht in Abhängigkeit des erkannten ersten Fahrzeugzustands der kompensierten Geradeausfahrt, also solange dieser Zustand vorliegt. Es wird somit ein Offset-Integral gebildet, welches sich bei der kompensierten Geradeausfahrt mit den in Intervallen erfassten Lenkradwinkeln füllt. Das Offset-Integral wird in einem weiteren Schritt, bevorzugt in Intervallen, mit einem ersten Schwellwert verglichen. Erst bei Erreichen dieses ersten Schwellwertes wird ein Status des Aktuators gesetzt, welcher einen Fehlerzustand repräsentiert. Somit ist es in vorteilhafter Weise möglich, dass ein vom Aktuator fehlerhaft eingestellter Radlenkwinkel erkannt wird, wenn der an der Hinterachse eingestellte Radlenkwinkel nicht der Erwartung entspricht, sondern wiederholt und über einen gewissen Zeitraum fehlerhaft vorliegt.

Der erste Schwellwert ist ein empirisch ermittelter Wert, welcher je nach Fahrzeugtyp, Lenkübersetzung an der Vorderachse und an der Hinterachse unter Berücksichtigung des verwendeten Aktuators an der Hinterachse bestimmt wird. Ist bei einer gegebenen Lenkübersetzung ein Gegenlenken an der Vorderachse von 10° notwendig und entspricht dieses einem Radlenkwinkel von 1° an der Vorderachse, so kann damit ein Radlenkwinkel an der Hinterachse von ebenfalls 1° kompensiert werden. Dieses Gegenlenken an der Vorderachse bewirkt, dass das Fahrzeug sich mit jeweils 1° Radlenkwinkel vorne und hinten schiebend und kompensiert geradeaus bewegt (Fahrtrichtung geradeaus).

Der Lenkradwinkel wird in Intervallen aufsummiert, solange die kompensierte Geradeausfahrt detektiert wird. Bei Erreichen des ersten Schwellwertes wird die Fehlstellung zweifelsfrei erkannt und entsprechend ein Status des Aktuators gesetzt. Dieser Status repräsentiert einen Fehlerzustand des Aktuators – in diesem Fall an der Hinterachse. Eine Steuerung kann diesen Fehlerzustand als einen Warnhinweis ausgeben und/oder eine Lenkfunktion des betroffenen Aktuators ändern. Liegt der Schwellwert bspw. bei 300, so muss zumindest theoretisch 30 Sekunden lang die Bedingung Geradeausfahrt mit 10° Lenkradwinkel zum Kompensieren vorliegen, so dass während dieser Zeit auch der Fehler mittels des Gegenlenkens detektiert werden kann. Anhand von echten bzw. realistischen Fahrweg- bzw. Fahrbahnsituationen hat sich

jedoch gezeigt, dass ein ständiger Wechsel der Fahrbahn und Fahrweg bzw. Trajektorie stattfindet. Es liegt tatsächlich jeweils nur kurzzeitig die Bedingung einer tatsächlichen Geradeausfahrt vor. Das Offset-Integral füllt sich daher realistisch immer nur kurzzeitig, wenn die vorgenannten Bedingungen vorliegen. Es hat sich gezeigt, dass kurzzeitige Störeinflüsse wie Seitenwind etc. damit ausgeblendet werden können. Es hat sich überraschender Weise herausgestellt, dass es mittels Prüfung zumindest der genannten Bedingungen und Bildung des Offset-Integrals unwahrscheinlich ist, dass fälschlicher Weise ein Fehler des Aktuators bzw. der Lenkung an der Hinterachse erkannt wird.

Mit dem hier vorgestellten Verfahren soll vorteilhafterweise ein fehlerhafter Radlenkwinkel an einer Fahrzeugachse bzw. eine Fehlstellung zumindest eines Aktuators an zumindest einer Hinterachse eines Fahrzeugs auf kostengünstige Weise erkannt werden. Dabei kann auf einen zusätzlichen aufwändigen und teuren Linearwegsensor für die Spindel bzw. Lenkstange des Fahrzeuglenksystems bzw. der Steer-by-wire-Lenkung verzichtet werden.

Die angegebene Reihenfolge der vorgenannten und weiteren Verfahrensschritte kann variieren, wo dieses sinnvoll möglich ist. Auch können Schritte, wie bspw. das Erfassen der Raddrehzahlen und des Lenkradwinkels in sehr geringen Zeitabständen oder gleichzeitig erfolgen. Die angegebenen Schritte werden des Weiteren fortwährend und somit wiederholt ausgeführt, wobei jeweils eine Erfassung und Verarbeitung der Daten bzw. Signale temporär und/oder in Intervallen vorgenommen wird.

Bevorzugt kann in Abhängigkeit des erkannten Aktuatorzustands und zusätzlich von der Zeitdauer bis zum Erreichen dieses ersten Schwellwertes ein Statussignal an den Fahrzeugfahrer, z.B. im Cockpit als akustisches und/oder optisches Signal im Sinne einer Warnung angezeigt werden. Dieses kann zum Beispiel dann sinnvoll sein, wenn aufgrund des Verlustes der Null-Position des Aktuators eine Re-Initialisierung des Aktuators vorgenommen wird und das Fahrzeug daher nur mit geringer Geschwindigkeit, z.B. im Bereich von 0 bis 50km/h bewegt werden soll. Beispielsweise kann auf einem Armaturenbrett (Cockpit) im Fahrzeug ein Display zum Anzeigen von Statusmeldungen angeordnet sein. Für den Fall, dass eine Diskrepanz zwischen dem erwarteten und dem gestellten Radlenkwinkel besteht, kann unter Verwendung

des Status des Fehlerzustands eine entsprechende Warnung angezeigt werden. Vorteilhafterweise kann ein Fahrer des Fahrzeugs dadurch gewarnt werden und beispielsweise Gegenmaßnahmen ergreifen, zum Beispiel die Geschwindigkeit drosseln, um die Sicherheit für Fahrzeug und Insassen zu erhöhen. Dabei kann die Statusmeldung in verschiedenen Varianten ausfallen, beispielsweise abhängig von einer aktuellen Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Auch kann bei einem Stillstand des Fahrzeugs eine Information angezeigt werden, zum Beispiel „Initialisierung der Hinterachslenkung wird durchgeführt“. Bei einer Geschwindigkeit von zum Beispiel 20 bis 50 km/h kann diese Information beispielsweise mit dem Hinweis „Bitte langsam fahren“ verknüpft werden. Bei einer Geschwindigkeit von beispielsweise über 50 km/h kann die Warnmeldung zum Beispiel optisch auffällig hinterlegt sein, um den Gefahrenhinweis zu verdeutlichen. Alternativ oder zusätzlich kann eine Lenkfunktion des Aktuators geändert werden. Dabei kann bspw. der Aktuator z.B. temporär abgeschaltet werden oder in der Stellgeschwindigkeit begrenzt werden.

Bei dem Fahrzeug kann es sich zum Beispiel um einen PKW handeln, der beispielsweise einen Elektro- oder Hybridantrieb aufweisen kann. Zudem kann das Fahrzeug eine Vorrichtung in Form eines Steuergeräts umfassen, das ausgebildet sein kann, um verschiedene Signale, wie beispielsweise Sensorsignale, zu erfassen bzw. einzulesen und unter Verwendung der Signale verschiedene Fahrzeugfunktionen direkt oder indirekt zu steuern. Entsprechend kann bei dem hier vorgestellten Verfahren ein den erwarteten Radlenkwinkel repräsentierendes Sensorsignal innerhalb des Aktuators eingelesen werden. Das Sensorsignal kann beispielsweise von einer Sensoreinheit bereitgestellt werden, die mindestens einen sogenannten Multiturnsensor umfassen kann. Dieser kann die Drehungen eines Rotors des Antriebsmotors des Aktuators der Hinterachslenkung erfassen, bspw. zählen, wobei ausgehend von den Drehungen auf eine Position der Lenkstange und dadurch auf einen Radlenkwinkel der an der Hinterachse angeordneten Räder des Fahrzeugs geschlossen werden kann. Multiturnsensoren bieten den Vorteil, insbesondere gegenüber Linearwegsensoren, dass diese auch stromlos bzw. mit extrem niedrigem Stromverbrauch ein Drehen des Motors im ausgeschalteten Zustand erkennen beziehungsweise die Anzahl der Umdrehungen zählen und speichern können. Dadurch kann das Lenkungssystem zum Beispiel einmalig, beispielsweise während der Produktion, während des Einstellens der Spur oder bei der ersten Inbetriebnahme des Fahrzeugs (beispielsweise über

das Anfahren der Endanschläge) initialisiert werden. Bei jedem Start der Hinterachslenkung kann zum Beispiel die Absolutposition der Lenkstange, z.B. in Form einer Spindel, aus der Anzahl der Umdrehungen des Multiturnsensors am Motor berechnet werden.

Das genannte Verfahren kann zum Beispiel auch verwendet werden, wenn beim Start des Fahrzeugs Zweifel an dem Wert des Multiturnsensors bestehen sollten. Ein möglicher Grund des Wegwanderns der Spindel aus einer vorherigen, abgespeicherten Position im abgeschalteten Zustand ist in Ausnahmefällen denkbar, beispielsweise wenn das Fahrzeug dynamischen Einflüssen unterliegt, z.B. einer Schlechtwegstrecke, z.B. wenn es abgeschleppt wird oder wenn der Aktuator der Hinterachslenkung während der Fahrt einen Fehler ausgibt. In diesem Fall könnte der Aktuator der Hinterachslenkung zunächst deaktiviert werden und erst wenn die absolute Position der Spindel durch das Verfahren bestätigt beziehungsweise ermittelt werden konnte, wieder freigegeben werden. Als absolute Position wird eine tatsächliche Position verstanden, so dass der Aktuator den erwarteten Radlenkwinkel auch tatsächlich einstellt, z.B. bei beabsichtigter Geradeausfahrt auch tatsächlich 0° einstellt.

Der erwartete Radlenkwinkel kann unter Verwendung einer erfassten Drehung des Rotors des Motors der Hinterachslenkung in Verbindung mit einem bekannten Übersetzungsverhältnis eines Getriebes in einen erwarteten Raddrehwinkel der Hinterachse bestimmt werden.

Das Ermitteln der Fahrzeugbewegung lässt sich weiter verbessern, wenn zusätzliche Parameter des Fahrzeugs berücksichtigt werden. Bevorzugt kann im Schritt des Ermitteln der Fahrzeugbewegung berücksichtigt werden, ob die Räder beschleunigt werden. Vorzugsweise wird auch hier ein Toleranzbereich erlaubt. Ein sinnvoller Schwellwert kann im Bereich von $4,5$ bis 6 m/s^2 liegen, wobei höchst vorzugsweise ein Schwellwert von $5,5 \text{ m/s}^2$ berücksichtigt wird. Unterhalb dieses Schwellwertes wird von einer vernachlässigbaren Beschleunigung ausgegangen. Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn die Abweichung der Raddrehzahlen der Räder an der zumindest einen Achse, vorzugsweise der Vorderachse erfasst wird. Es hat sich gezeigt, dass hier ein Schwellwert im Bereich von 1 bis 3% , vorzugsweise 2% Abweichung toleriert

werden kann, um mit ausreichender Sicherheit davon ausgehen zu können, dass im Sinne einer Geradeausfahrt eine gleiche Drehzahl der Räder vorliegt.

Des Weiteren ist es von Vorteil, wenn auch für die Erfassung des Lenkradwinkels ein Schwellwert berücksichtigt wird. Von einem tatsächlichen beabsichtigten Drehen des Lenkrads zum Kompensieren kann ausreichend sicher ausgegangen werden, wenn der Lenkradwinkel den Schwellwert von 3° bis 6° , vorzugsweise 5° ausgehend von der Null-Position des Lenkrads überschreitet. Es kann somit zunehmend genauer davon ausgegangen werden, dass die Fahrzeugbewegung einer kompensierten Geradeausbewegung entspricht.

Um den ersten Fahrzeugzustand der kompensierten Geradeausfahrt noch sicherer zu bestimmen, können alternativ oder zusätzlich weitere Parameter im Schritt des Ermitteln der Fahrzeugbewegung erfasst und berücksichtigt werden. Nachfolgend sind diese im Sinne einer nicht als abgeschlossen zu betrachtenden Liste aufgeführt.

- Winkelgeschwindigkeit des Lenkrads, insbesondere oberhalb eines Schwellwerts, bevorzugt kleiner oder gleich $50^\circ/\text{s}$
und/oder
- Querbeschleunigung des Fahrzeugs, insbesondere oberhalb eines Schwellwerts, bevorzugt kleiner oder gleich 2m/s^2
und/oder
- Längsbeschleunigung des Fahrzeugs, insbesondere oberhalb eines Schwellwerts, bevorzugt kleiner oder gleich 2m/s^2
und/oder
- Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs, insbesondere unterhalb eines Schwellwerts, bevorzugt kleiner oder gleich 2m/s^2
und/oder
- Geschwindigkeit des Fahrzeugs, insbesondere oberhalb eines Schwellwerts, bevorzugt größer oder gleich 10km/h .

Des Weiteren kann vorteilhaft berücksichtigt werden der Status eines ABS (Anti-Blockiersystem: Berücksichtigung „Bremse einzelner Räder nicht betätigt“ bzw. ABS nicht im Eingriff) und/oder der Status eines ESP (Elektronisches Stabilitäts

Programm: Berücksichtigung „Fahrzeug unterliegt keiner Gierbewegung“ und/oder Bremsen einzelner Räder bzw. ESP im Eingriff).

Die Ermittlung der Fahrzeugbewegung soll eine genaue Bestimmung des ersten Fahrzeugzustands einer kompensierten Geradeausfahrt sicher ermöglichen. Es hat sich gezeigt, dass die Bestimmung immer genauer wird, je mehr der genannten Parameter bzw. Zustände erfasst werden. Eine Auswertung wird nach einer UND-Verknüpfung der vorliegenden Zustände und Parameter in einer entsprechenden Einheit eines Steuergerätes ausgeführt. Treffen alle Zustände zu (sind sämtliche Schwellwerte eingehalten und die abgefragten Zustände treffen zu), so wird eine kompensierte Geradeausfahrt und damit der erste Fahrzeugzustand zielsicher erkannt. Ein Aufsummieren zur Bildung des Offset-Integrals wird dann in einer entsprechenden Einheit des Steuergeräts vorgenommen. Es ist damit sichergestellt, dass nur im Falle der kompensierten Geradeausfahrt eine Offset-Integralbildung vorgenommen wird.

Mittels des Verfahrens soll eine Fehlstellung an zumindest einem Aktuator der Hinterachslenkung erkannt werden. Das Verfahren soll robust sein gegen Einflüsse, die eine Auswertung erschweren können. Es soll verhindert werden, dass fälschlicherweise aufgrund von Quereinflüssen, wie oben beschrieben, z.B. Seitenwind o.ä. eine Fehlstellung erkannt bzw. angezeigt wird. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können zusätzlich und in Abhängigkeit eines weiteren Fahrzeugzustands, welcher verschieden von dem ersten Fahrzeugzustand (kompensierte Geradeausfahrt) ist, Maßnahmen getroffen werden, die eine Fehlinterpretation weiter ausschließen. Hierzu wird in vorteilhafter Weise neben dem stattfindenden Aufsummieren und Vergleichen mit dem ersten Schwellwert bei kompensierter Geradeausfahrt ein Abklingwert von dem momentanen Offset-Integral subtrahiert. Dieses Subtrahieren wird bevorzugt in Intervallen, insbesondere zyklisch, bevorzugt in Intervallen von 5 bis 40 ms, höchst vorzugsweise 10 bis 20ms, vorgenommen. Mit anderen Worten wird bei einer kompensierten Geradeausfahrt aufsummiert und während der gefahrenen Abschnitte, welche sich von der erfassten kompensierten Geradeausfahrt unterscheiden, z.B. eine Kurvenfahrt o.ä., ein Abklingwert schrittweise subtrahiert. Der Abklingwert wird je nach Fahrzeugflotte bzw. Fahrzeug empirisch ermittelt. So wurde für herkömmliche Pkw beispielweise ein Abklingwert von 3 bis 6, bevorzugt 4 ermittelt, welcher jeweils zyklisch von dem momentanen Offset-Integral subtrahiert wird. Es hat

sich des Weiteren gezeigt, dass es von Vorteil ist, wenn der Abklingwert reduziert wird, je weiter sich das Offset-Integral dem ersten Schwellwert nähert. Zu bevorzugen ist ein Modell aus drei Schwellwerten, wobei bei Erreichen eines bzgl. des Offset-Integrals zweiten Schwellwertes der Abklingwert weiter reduziert wird, bevorzugt halbiert wird und bei Erreichen eines dritten Schwellwertes nochmals reduziert wird, bevorzugt nochmals halbiert wird. Ist der erste Schwellwert überschritten, so wird der Abklingwert auf einen Wert nahe Null, z.B. 0,05 abgesenkt. Hierdurch kann weiter verbessert werden, dass lediglich tatsächliche Fehler detektiert werden ohne eine Reduzierung der Sensitivität des Verfahrens.

Neben der Genauigkeit und der Robustheit des Verfahrens sind Maßnahmen möglich, um die benötigte Zeit für die Ermittlung der kompensierten Geradeausfahrt zu reduzieren, insbesondere bei hohen Abweichungen des Aktuators, welche einen großen Lenkradwinkel bzw. große Offsetwerte benötigen. Hierzu wird bei Vorliegen des ersten Fahrzeugzustands, einem erfassten Lenkradwinkel im Bereich von 6° bis 15° , vorzugsweise größer 8° , und einem Unterschreiten einer Winkelgeschwindigkeit des Lenkrads im Bereich von $0,4$ bis $0,8$ $^\circ/\text{s}$, vorzugsweise kleiner $0,5$ $^\circ/\text{s}$ und bevorzugt unter Berücksichtigung einer Positionsinformation des Aktuators (act_pos), wenn die Position der Lenkstange in einem Bereich $-0,3 < \text{act_pos} < 0,3$ mm, bevorzugt in einem Bereich $-0,1 < \text{act_pos} < 0,1$ mm liegt, ein Produkt aus einem Verstärkungsfaktor und dem Lenkradwinkel in das Offset-Integral aufsummiert. Das Offset-Integral füllt sich dann schneller und eine große Abweichung bzw. Fehlstellung des Aktuators wird schneller erkannt.

In einer bevorzugten Ausführungsform kann nach dem Erkennen eines Fehlerzustands ermöglicht werden, dass die Abweichung des Aktuators zurückgeführt wird, so dass der Aktuator wieder verlässlich einen erwarteten Radlenkwinkel einstellen kann. Mit anderen Worten kann mittels dieser Ausführung eine Rückstellung des Aktuators in der Weise erfolgen, dass der Aktuator wieder die beabsichtigten bzw. erwarteten Lenkradwinkel einstellen kann. Dieser Vorgang wird auch als (Re-) Initialisierung bezeichnet. Hierzu können beispielsweise Informationen aus sogenannten Vehicle Level Sensors genutzt werden, um einen Schiefstand zu detektieren (Fahren auf schiefer Ebene, Schrägstand der Karosserie, z.B. unterschiedliche Einfederung linker zu rechter Seite) und dadurch hervorgerufene Einflüsse auf das Verfahren.

Hierfür kann beispielsweise die anhand der erfassten Lenkradwinkel ermittelte Abweichung in eine Regelschleife rückgeführt werden, um den Offsetfehler des Aktuators der Hinterachslenkung langsam, das heißt allmählich, zu kompensieren. Das bietet den Vorteil, dass eine Fehlstellung der Räder direkt behoben und die Sicherheit des Fahrzeugs dadurch erhöht werden kann. Optional kann hierbei auch ein Beobachter/Modell genutzt werden, welches zusätzlich oder alternativ zu dem vorgestellten Verfahren die Abweichung detektieren kann. Das Modell würde u.a. auf Basis der einzelnen Raddrehzahlen sowie des Radlenkwinkels an der Vorderachse den benötigten Radlenkwinkel an der Hinterradachse berechnen. Weicht dieser von dem Wert ab, welcher der Aktuator der Hinterachslenkung eingestellt hat, kann ein Sicherheitsstatus gesetzt werden und ggfs. ein Warnhinweis an den Fahrer ausgegeben werden. Der unerwartete Radlenkwinkel an der Hinterachse kann dann auf einen sinnvollen Wert zurückgeführt werden. Die Rückführung der Spindel bzw. Lenkstange kann in sinnvollen kleinen Stufen von z.B. $0,1^\circ$ pro Intervall der Rückführung vorgenommen werden. Mit anderen Worten wird der Aktuator der Hinterachslenkung derart zurückgestellt, dass seine Nullposition dem tatsächlichen Radlenkwinkel von 0° für die normale Geradeausfahrt entlang der Längsachse des Fahrzeugs entspricht. Der Aktuator kann bei Erreichen der Nullposition re-initialisiert werden. Dies kann insbesondere für eine Steer-by-wire-Lenkung wichtig sein, vor allem bei Systemstarts nach Abstellen und Neustarten des Fahrzeugs sowie Fehlern, z.B. in der Spannungsversorgung, und einem Notbetrieb.

Der hier vorgestellte Ansatz schafft ferner eine Vorrichtung, die ausgebildet ist, um die Schritte des hier vorgestellten Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen und anzusteuern bzw. umzusetzen.

Eine Vorrichtung kann ein elektrisches Gerät sein, 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 sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller neben anderen Softwaremodulen vorhanden sind. Eine solche Vorrichtung kann als ein Steuergerät als Teil des zumindest einen Aktuators oder zumindest Teil eines zentralen Steuergerätes eines Fahrzeugs sein.

Zudem wird eine Steer-by-wire-Lenkung für ein Fahrzeug, insbesondere eine Hinterachslenkung vorgestellt, wobei die Steer-by-wire-Lenkung eine zuvor vorgestellte Vorrichtung aufweist. Mit dieser Kombination einer Steer-by-wire-Lenkung, insbesondere Hinterachslenkung und einer Vorrichtung zum Steuern des vorangehend beschriebenen Verfahrens, können vorteilhafterweise alle zuvor genannten Vorteile in einfacher Weise umgesetzt werden.

Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, 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 Vorrichtung ausgeführt wird.

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

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs mit einer Steer-by-wire-Lenkung;

Fig. 2 eine weitere Darstellung des Fahrzeugs gem. Fig.1 in Geradeausfahrt;

Fig. 3 eine weitere Darstellung des Fahrzeugs gem. Fig.1 oder 1 mit einem Stellfehler an der Hinterachse

Fig. 4 eine weitere Darstellung des Fahrzeugs gem. Fig.2 bei kompensierter Geradeausfahrt

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs

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.

Figur 1 zeigt schematisch ein Fahrzeug 1 mit Steer-by-wire-Lenkung mit einer lenkbaren Vorderachse 21 und einer lenkbaren Hinterachse 31. Zum Lenken der Räder 2 an der Vorderachse 21 ist ein Aktuator 4 vorgesehen, welcher über ein Lenkgestänge 41 einen Radlenkwinkel einstellen bzw. ändern kann. Ein eingestellter Radlenkwinkel δ_{v1} ist am rechten Rad 2 in der Figur 1 beispielhaft gezeigt. An der Hinterachse 31 sorgt ein Aktuator 5 über ein Lenkgestänge 51 für das Einstellen bzw. Ändern der Radlenkwinkel δ_h an den hinteren Rädern 3 (beispielhaft am linken hinteren Rad gezeigt). Der in Fig. 1 beispielhaft in Details dargestellte Aktuator 5 weist ein Gehäuse 56 auf, in welchem eine Spindel 52 in Funktion einer Lenkstange translatorisch verlagerbar gelagert ist. Eine Spindelmutter 53 wird hierzu von einem Elektromotor 54 drehbar bzw. rotatorisch angetrieben und ist hierzu ortsfest in dem Gehäuse 56 drehbar gelagert. Die Spindelmutter 53 weist ein (nicht dargestelltes) Innengewinde auf, welches mit einem (nicht dargestellten) Außengewinde der Spindel 52 in Eingriff ist und ein Bewegungsgewinde ausbildet. Die rotatorische Drehbewegung des Elektromotors 54 wird durch das Bewegungsgewinde in die translatorische Verlagerung bzw. Bewegung der Spindel 52 umgewandelt. Die Spindel 52 ist mit dem oben genannten Lenkgestänge 51 gekoppelt und bewirkt bei deren Verlagerung eine Änderung des Radlenkwinkels δ_h . Die Position der Spindel 52 lässt sich in Kenntnis der Übersetzung des Antriebs bzw. Getriebes von dem Elektromotor 54 mittels der Spindelmutter 53 auf die Spindel 52 mittels eines Rotorlagesensors 55 erfassen. Mit anderen Worten lässt sich mittels der bekannten Übersetzung des Getriebes und des Rotations-/Translationswandlers mittels des Rotorlagesensors 55, welcher bevorzugt als ein sogenannter Multiturnsensor am Rotor des Elektromotors 54 ausgebildet ist, der eingestellte Radlenkwinkel berechnen. Die zu dem Aktuator 5 beschriebenen Details gelten im Prinzip auch für den Aktuator 4. In den weiteren Figuren 2-4 sind bei gleichen Bauteilen die Bezugszeichen für die oben genannten Bauteile des Aktuators 5 nicht nochmals dargestellt.

In der gezeigten Ausführung in Fig.1 sind die Räder an der Vorderachse 21 und der Hinterachse 31 gegensinnig gelenkt, so dass sich bei niedriger Geschwindigkeit von z.B. kleiner 50 km/h vorteilhaft ein reduzierter Wendekreis und eine verbesserte

Parkiermöglichkeit ergibt gegenüber Fahrzeugen, welche lediglich eine gelenkte (Vorder-) Achse aufweisen. Auch lassen sich mit zwei gelenkten Achsen vorteilhaft verbessert automatisierte Fahrten agiler ausführen. Der Fahrer gibt seine Lenkab-sicht grundsätzlich über ein Lenkrad 14 ein, wobei der Lenkradwinkel LRW über eine Sensoreinheit erfasst wird und nach Berechnung der Radlenkwinkel mittels eines Steuergerätes SG über eine Signalleitung an den Aktuator 4 und/oder Aktuator 5 ge-leitet wird, welche den Radlenkwinkel an der Vorderachse 21 und/oder an der Hinter-achse 31 einstellt. Die Sensoreinheit zur Übermittlung des jeweiligen Lenkradwinkels LRW/LRW_mom ist über ein Bussystem 10 mit dem Steuergerät SG der Steer-by-wire-Lenkung bzw. den Aktuatoren 4, 5 elektrisch verbunden. Das Bussystem 10 ist beispielsweise ein CAN-Bus oder auch ein Flexray Bus o.ä. Über das Bussystem sind Funktionen für ein Fahrerassistenzsystem autonomes Fahren (ADAS), Korrek-turfunktionen zur Begrenzung eines maximalen Lenkwinkels, ein Parkierassistent zum automatisierten Parkieren oder auch eine (hier gezeigte) elektronische Stabili-tätskontrolle ESP etc. elektrisch mittels des Steuergeräts SG und der Steer-by-wire-Lenkung mittels der zugehörigen Aktuatoren 4, 5 möglich. Das Steuergerät SG ist mit einer Einheit versehen, welche ein Verfahren mittels eines Computerprogramms aus-führen und auf dem Signalweg die Aktuatoren 4, 5 ansteuern kann, wobei das Com-puterprogramm auf einem maschinenlesbaren Speichermedium als Teil des Steuer-geräts SG gespeichert ist.

Eine in dem Schwerpunkt G des Fahrzeugs gemessene Giergeschwindigkeit yaw_v wird über einen geeigneten Sensor (Drehratensensor) im Schwerpunkt des Fahr-zeugs 1 ermittelt und von der elektronischen Stabilitätskontrolle ESP erfasst bzw. ausgewertet. An äußeren Enden des Fahrzeugs 1 sind Sensoren S angeordnet, die einer Sensorik zugeordnet sind und welche zur Fahrzeugumfeldererkennung dienen. Es kann sich hierbei um Temperatursensoren, z.B. um optische Sensoren, die bei-spielsweise eine Kamera umfassen, oder auch um LiDAR oder Radar handeln, die zur Temperatur-, Abstands- oder auch optischen Erfassung, beispielsweise der Fahr-bahn, geeignet sind. Es können somit Wetterbedingungen, wie Feuchtigkeit oder die Temperatur auf der Fahrbahn etc. erfasst und dem Steuergerät SG zugeführt wer-den.

Das Fahrzeug gem. Fig.1 folgt einer Trajektorie T, die in der Figur 1 ebenfalls am vorderen Ende des Fahrzeugs in dessen Fahrtrichtung schematisch dargestellt ist. Entsprechend der Radstellungen der Räder 2, 3 an der Vorderachse 21 und an der Hinterachse 31 entspricht die Trajektorie T einer Linkskurve. Hierzu sind die Vorderräder 2 nach links und die Hinterräder 3 nach rechts eingeschlagen.

Soll nun tatsächlich geradeaus gefahren werden (Fahrzeug fährt entlang der Längsachse und folgt einer gewünschten Trajektorie „Geradeaus“), so stellt der Fahrer einen Lenkradwinkel von 0° ein, sodass die Räder 2 an der Vorderachse 21 und auch die Räder 3 an der Hinterachse 31 auf einen Radlenkwinkel von 0° eingestellt werden sollen ($\delta_{v2} = 0$; $\delta_{h2} = 0$), wie dieses in Fig. 2 dargestellt ist. Bei ordnungsgemäßer Funktion der Aktuatoren 4, 5 wird hierzu aufgrund eines Stellsignals vom Steuergerät SG von beiden Aktuatoren 4, 5 deren bekannte Nullposition der Spindel 52 bzw. Lenkstange eingestellt. Dieses entspricht jeweils einem Radlenkwinkel von 0° . Das Fahrzeug 1 kann somit einer Trajektorie T für eine Geradeausfahrt entlang der Längsachse a wie beabsichtigt und in Fig.2 gezeigt folgen.

Gemäß Figur 3 ist ein Beispiel gezeigt, bei dem eine Geradeausfahrt beabsichtigt ist, weshalb an der Vorderachse 21 übereinstimmend mit der Vorgabe des Fahrers am Lenkrad (Lenkradwinkel $= 0^\circ$) ein Radlenkwinkel von 0° an der Vorderachse eingestellt ist ($\delta_{v3} = 0$). An der Hinterachse 31 jedoch ist ein Radlenkwinkel δ_{h3} (zur Verdeutlichung weitaus) größer als 0° eingestellt. Die Räder 3 an der Hinterachse 31 sind nach rechts eingeschlagen. Dieses kann sich ergeben, falls aufgrund eines Fehlers an dem Aktuator 5 der Hinterachse 31 die gespeicherte Nulllage nicht mit der tatsächlichen Nulllage (=Räder im Geradeausposition) übereinstimmt. Obwohl die Geradeausfahrt beabsichtigt ist, kann das Fahrzeug 1 aufgrund des eingestellten Radlenkwinkels $\delta_{v3} = 0^\circ$ jedoch nicht geradeaus fahren. Es folgt stattdessen der angegebenen Trajektorie T im Sinne einer Linkskurve.

Um trotzdem geradeaus fahren zu können, wird bzw. muss der Fahrer gegenlenken und mittels des Lenkrades 14 an der Vorderachse 21 einen Radlenkwinkel δ_{v4} einstellen, der dem Radlenkwinkel δ_{h4} an der Hinterachse 31 entspricht. Dieses ist in Figur 4 dargestellt. In der gezeigten Situation hat der Fahrer an dem Lenkrad 14 nach rechts gedreht, wie durch den Pfeil dargestellt ist, um die Räder gleichsinnig zu den

Rädern der Hinterachse zu verstellen. Es ergibt sich somit eine kompensierte Geradeausfahrt, bei der die Fehlstellung an dem Aktuator 5 zur Lenkung der Hinterachse 31 ausgeglichen wird. Dabei schließt die Längsachse a mit der tatsächlichen Fahrtrichtung gemäß der dargestellten Trajektorie T einen spitzen Winkel π ein. Das Fahrzeug 1 bewegt sich mit der eingestellten Kompensation geradeaus. Jedoch bewegt sich das Fahrzeug nun in einem sogenannten Hundegang (schiebende Bewegung). Es ist offensichtlich, dass sich bei einer Geradeausfahrt die Räder 2, 3 mit einer zumindest annähernd gleichen Drehzahl drehen. Die Drehzahlen lassen sich z.B. mittels der an den Radträgern befindlichen ABS-Drehzahlsensoren erfassen. Der Lenkradwinkel LRW lässt sich mittels eines vorhandenen Sensors in der Lenksäule erfassen. Nachfolgend ist das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben.

Figur 5 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 200 zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs (1) gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das hier dargestellte Verfahren 200 ist mit einer Steer-by-wire-Lenkung ausgebildet als eine Hinterachslenkung mittels eines Aktuators 5 in einem Fahrzeug 1 durchführbar. In einem ersten Schritt werden mittels geeigneter Sensoren neben den momentanen Raddrehzahlen RDZ_mom der Räder 2, 3 an der Vorderachse 21 und an der Hinterachse 31 sowie dem momentanen Lenkradwinkel LRW_mom und der Lenkradwinkelgeschwindigkeit LRW_v weitere Parameter erfasst. Es werden die Längsbeschleunigung ax sowie die Querbeschleunigung ay des Fahrzeugs und mittels des ESP die Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs yaw_v erfasst. Des Weiteren wird über das Antiblockiersystem ABS ermittelt, ob einzelne Räder gebremst werden, und es wird die Geschwindigkeit veh_v des Fahrzeugs ermittelt, welche hier bevorzugt aus den zuvor erfassten Raddrehzahlen errechnet wird. Ebenfalls erfasst wird die errechnete Position der Lenkstange (Spindel 52), welche sich unter Berücksichtigung des Rotorlagesensors 55 des Elektromotors 54 des Aktuators 5 ergibt. Hieraus lässt sich ein erwarteter Radlenkwinkel an der Hinterachse errechnen, welcher mittels des Aktuators 5 an der Hinterachse eingestellt werden soll. Die ermittelten Signale bzw. Daten werden von entsprechenden Sensoren über das Bussystem des Fahrzeugs (z. B. CAN- /Flexray o. ä. Bussysteme) an ein Steuergerät SG übermittelt bzw. das Steuergerät SG holt sich die ermittelten Signale bzw. Daten über das eingesetzte Bussystem. Das Steuergerät SG ist schematisch mit einer strichlinierten Umrandung

dargestellt. Innerhalb des Steuergerätes SG wird zunächst festgestellt, ob die Parameter innerhalb der Grenzen bzw. Toleranzen der in dem Steuergerät SG hinterlegten Schwellwerte bzw. Toleranzen liegt (Schwellwerte und Toleranzen wurden oben bereits genannt und werden hier nicht nochmals aufgeführt). Dieses ist mit dem Schritt „True?“ dargestellt und entspricht einer und-Verknüpfung. Dieses ist notwendig bzw. wird hier angewendet, um die Fahrzeugbewegung unter Berücksichtigung der vorgenannten Parameter zu ermitteln. Liegt beispielsweise ein Lenkradwinkel LRW_mom von 5° vor und die weiteren Parameter treffen innerhalb der vorgenannten Grenzen zu, so ergibt sich bei der Ermittlung der Fahrzeugbewegung ein erster Fahrzeugzustand veh_comp1 einer kompensierten Geradeausfahrt des Fahrzeugs. Während des Vorliegens des ersten Fahrzeugzustands veh_comp1 wird der momentan vorliegende Lenkradwinkel LRW_mom aufsummiert und es wird ein Offset-Integral LRW_int gebildet, welches jeweils in Intervallen mit dem momentan vorliegenden Lenkradwinkel LRW_mom gefüllt wird. Nach der jeweiligen Addition wird überprüft, ob das Offset-Integral LRW_int einen ersten Schwellwert LRW_int_krit1 erreicht hat. Ist das der Fall, so wird von dem Steuergerät SG ein Status act_err bezüglich des beobachteten Aktuators 5 gesetzt. Das Erreichen des ersten Schwellwertes LRW_int_krit1 verifiziert, dass tatsächlich der erste Fahrzeugzustand veh_comp1 einer kompensierten Geradeausfahrt vorliegt. Der Status act_err repräsentiert somit eindeutig einen Fehlerzustand act_cond_err des Aktuators 5 zur Lenkung der Räder 2, 3 an der Hinterachse 31. In Abhängigkeit von der Zeit, die benötigt wurde, um den ersten Schwellwert LRW_int_krit1 zu erreichen, wird von dem Steuergerät SG der Status act_err in einer Anzeige im Cockpit des Fahrzeugs dem Fahrer angezeigt. Alternativ oder zusätzlich kann die Lenkfunktion des Aktuators geändert werden. Es kann alternativ oder zusätzlich die Leistung (z.B. Einschränkung des maximal möglichen Stellwinkels) des Aktuators 5 verringert oder auch eine zumindest temporäre Abschaltung erfolgen. In Abhängigkeit des Status act_err kann auch eine Korrekturfunktion $Corr$ für den Aktuator 5 ausgelöst werden. Ist beispielsweise eine z.B. geringe Abweichung des von dem Aktuator 5 eingestellten Radlenkwinkels detektiert worden, so kann in Intervallen mittels der Korrekturfunktion $Corr$ ein allmähliches Rückstellen bzw. Rückführen des Aktuators 5 vorgenommen werden. Nach jedem Rückstellen wird durch die vorgenannten Schritte eine erneute Betrachtung der Fahrzeugbewegung und somit des von dem Aktuator 5 eingestellten und in diesem Zusammenhang erwarteten Radlenkwinkels vorgenommen. Ein festgestellter Fehler

des Aktuators 5 kann somit innerhalb des Rahmens des Verfahrens selbsttätig korrigiert werden.

Ist der Lenkradwinkel LRW_mom beispielsweise 0° und die weiteren Parameter ergeben eine Geradeausfahrt, so wird von einer nicht kompensierten, also tatsächlichen Geradeausfahrt ausgegangen. Das Steuergerät erkennt eine ordnungsgemäße, d. h. normale Fahrzeugbewegung veh_norm . Bei dieser Fahrzeugbewegung und auch bei einer festgestellten Kurvenfahrt wird im Rahmen des Verfahrens ein Abklingwert subtrahiert. Dieses Subtrahieren wird bevorzugt in Intervallen, insbesondere zyklisch, bevorzugt in Intervallen von 10ms vorgenommen. Mit anderen Worten wird bei einer kompensierten Geradeausfahrt aufsummiert und während der gefahrenen Abschnitte, welche sich von der erfassten kompensierten Geradeausfahrt unterscheiden, z.B. eine Kurvenfahrt o.ä., der Abklingwert subtrahiert. Ein empirisch für einen herkömmlichen Pkw ermittelter Abklingwert von 4 wird somit jeweils von dem aktuellen Offset-Integral subtrahiert. Das Subtrahieren des Abklingwertes bewirkt, dass das Offset-Integral im laufenden Verfahren reduziert wird. Wie oben bereits gesagt, soll verhindert werden, dass fälschlicher Weise eine Fehlstellung des Aktuators erkannt wird. Durch das quasi stufenweise Subtrahieren wird dieses wirkungsvoll verhindert.

Bezugszeichen

1	Fahrzeug
2	Vorderrad
3	Hinterrad
4	Aktuator Vorderachslenkung
5	Aktuator Hinterachslenkung
10	Bussystem
14	Lenkrad
21	Vorderachse
31	Hinterachse
41	Lenkgestänge
51	Lenkgestänge
52	Spindel, Lenkstange
53	Spindelmutter
54	Elektromotor
55	Rotorlagesensor
56	Gehäuse
60	Anzeige
200	Verfahren zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung

a	Längsachse
ax	Längsbeschleunigung
ay	Querbeschleunigung
act_err	Status Aktuator
act_cond_err	Fehlerzustand Aktuator
act_pos	Positionsinformation (d. Aktuators)
ABS	Antiblockiersystem
Corr	Korrekturfunktion
ESP	Elektronisches Stabilitäts Programm
G	Schwerpunkt
LRW	Lenkradwinkel
LRW_Corr_sub	Abklingwert
LRW_mom	momentaner Lenkradwinkel

LRW_int	Offset-Integral
LRW_int_krit_1	erster Schwellwert Offset
LRW_int_krit_2	zweiter Schwellwert Offset
LRW_int_krit_1	zweiter Schwellwert Offset
LRW_v	Lenkradwinkelgeschwindigkeit
RDZ	Raddrehzahl
RDZ_mom	momentane Raddrehzahl
SG	Steuergerät
S	Sensorik
t	Zeitdauer
T	Trajektorie
π	Winkel (bei kompensierter Geradeausfahrt)
veh_v	Geschwindigkeit Fahrzeug
veh_mv_mom	momentane Fahrzeugbewegung
veh_comp1	erster Fahrzeugzustand (kompensierte Geradeausfahrt)
veh_norm	weiterer Fahrzeugzustand
yaw_v	Giergeschwindigkeit
δ_{v1}	Radlenkwinkel Vorderachse
δ_{h1}	Radlenkwinkel Hinterachse
δ_{v2}	Radlenkwinkel Vorderachse
δ_{h2}	Radlenkwinkel Hinterachse
δ_{v3}	Radlenkwinkel Vorderachse
δ_{h3}	Radlenkwinkel Hinterachse
δ_{v4}	Radlenkwinkel Vorderachse
δ_{h4}	Radlenkwinkel Hinterachse

Patentansprüche

1. Verfahren (200) zum Betreiben einer Steer-by-wire-Lenkung eines Fahrzeugs (1) zum Lenken von Rädern (2, 3) zumindest einer Hinterachse (31) mittels zumindest eines Aktuators (5), wobei das Verfahren (200) durch zumindest folgende Schritte gekennzeichnet ist

- Erfassen von Raddrehzahlen (RDZ_mom) an Rädern (2, 3) der Vorderachse (21) und/oder der Hinterachse (31),
- Erfassen eines Lenkradwinkels (LRW_mom),
- Ermitteln einer Fahrzeugbewegung unter Berücksichtigung zumindest der Raddrehzahlen (RDZ_mom) und des Lenkradwinkels (LRW_mom) repräsentierend einen ersten Fahrzeugzustand (veh_comp1) einer kompensierten Geradeausfahrt des Fahrzeugs (1),
- Aufsummieren des jeweils erfassten Lenkradwinkels (LRW_mom) nach der Zeit (t) in Abhängigkeit des ersten Fahrzeugzustands (veh_comp1) zur Bildung eines Offset-Integrals (LRW_int),
- Vergleichen des Offset-Integrals (LRW_int) mit zumindest einem ersten Schwellwert (LRW_int_krit1), wobei bei Erreichen des ersten Schwellwerts (LRW_int_krit1) ein Status (act_err) des zumindest einen Aktuators (5) gesetzt wird, welcher einen Fehlerzustand (act_cond_err) des Aktuators (5) repräsentiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit des erkannten Aktuatorzustands (act_cond_err) und der Zeitdauer (t) bis zum Erreichen des ersten Schwellwertes (LRW_int_krit1) zumindest der Status (act_err) des Aktuators in einer Anzeigeeinheit des Fahrzeugs (1) ausgegeben wird und/oder eine Lenkfunktion der Steer-by-wire-Lenkung zumindest für den Aktuator (5) der Hinterachse (31) geändert wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt des Ermitteln der Fahrzeugbewegung berücksichtigt wird:

- ob die Räder (2, 3) einer Beschleunigung unterhalb eines Schwellwertes unterliegen, wobei der Schwellwert im Bereich von 4,5 bis 6 m/s² liegt,

vorzugsweise kleiner oder gleich $5,5 \text{ m/s}^2$ ist

und/oder

- ob eine Abweichung der Raddrehzahlen (RDZ_mom) der Räder (2, 3) zumindest einer Achse (21, 31) unterhalb eines Schwellwerts von 1 bis 3%, vorzugsweise 2% liegt
- und/oder
- ob der Lenkradwinkel (LRW) gleich oder größer eines Schwellwerts von 3° bis 6° , vorzugsweise gleich oder größer 5° berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung des ersten Fahrzeugzustands (veh_comp1) zur Ermittlung der Fahrzeugbewegung zumindest weitere Parameter erfasst und berücksichtigt werden:

- Winkelgeschwindigkeit des Lenkrads, insbesondere oberhalb eines Schwellwerts, bevorzugt kleiner oder gleich $50^\circ/\text{s}$
- und/oder
- Quereschleunigung (ay) des Fahrzeugs (1), insbesondere oberhalb eines Schwellwertes, bevorzugt kleiner oder gleich 2 m/s^2
- und/oder
- Längsbeschleunigung (ax) des Fahrzeugs (1), insbesondere oberhalb eines Schwellwertes, bevorzugt kleiner oder gleich 2 m/s^2
- und/oder
- Giergeschwindigkeit (yaw_v) des Fahrzeugs (1), insbesondere unterhalb eines Schwellwerts, bevorzugt kleiner oder gleich 2 m/s^2
- und/oder
- Geschwindigkeit (veh_v) des Fahrzeugs (1), insbesondere oberhalb eines Schwellwerts, bevorzugt größer oder gleich 10 km/h
- und/oder
- Status eines ABS, um festzustellen, ob aktiv und/oder einzelne Räder gebremst werden
- und/oder
- Status eines ESP, um aktiv und/oder eine Gierbewegung festzustellen und/oder einzelne Räder gebremst werden

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit eines vorliegenden weiteren Fahrzeugzustands (veh_norm), welcher verschieden von dem ersten Fahrzeugzustand (veh_comp1) ist, ein Subtrahieren eines Abklingwertes (LRW_corr_sub) von dem momentanen Offset-Integral (LRW_int) in Intervallen, insbesondere zyklisch, vorgenommen wird, wobei der Abklingwert (LRW_corr_sub) bei Erreichen eines bzgl. des Offset-Integrals zweiten Schwellwertes (LRW_int_krit2) reduziert und bei Erreichen eines dritten Schwellwertes (LRW_int_krit3) weiter reduziert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorliegen des ersten Fahrzeugzustands (veh_comp1), einem erfassten Lenkradwinkel (LRW_mom) im Bereich von 6° bis 15° , vorzugsweise größer 8° , und einem Unterschreiten einer Winkelgeschwindigkeit des Lenkrads im Bereich von 0,4 bis $0,8^\circ/\text{s}$, vorzugsweise kleiner $0,5^\circ/\text{s}$ und unter Berücksichtigung der Positionsinformation (act_pos) des Aktuators, wenn die Position der Lenkstange bevorzugt in einem Bereich ($-0,1 < \text{act_pos} < 0,1$) mm liegt, ein Produkt aus einem Verstärkungsfaktor und dem Lenkradwinkel (LRW_mom) in das Offset-Integral aufsummiert wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund des erkannten Fehlerzustands (act_cond_err) ein schrittweises Ändern des Radlenkwinkels an der Hinterachse vorgenommen wird, wobei hierzu die Position der Lenkstange des Aktuators schrittweise geändert wird unter Berücksichtigung des Offset-Integrals (LRW_int) und des erfassten Lenkradwinkels (LRW_mom) sowie der Positionsinformation des Aktuators (1).
8. Vorrichtung (SG), die eingerichtet ist, das Verfahren (200) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche auszuführen und die Steer-by-wire-Lenkung, zumindest ausgebildet als eine Hinterachslenkung, entsprechend anzusteuern.
9. Steer-by-wire-Lenkung für ein Fahrzeug (1), zumindest ausgebildet als Hinterachslenkung, welches gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mittels einer Vorrichtung nach Anspruch 8 betrieben wird.

10. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, das dazu eingerichtet ist, das Verfahren (200) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 7 auszuführen, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere auf dem Steuergerät (SG) nach Anspruch 8 ausgeführt wird.

11. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 10 gespeichert ist.

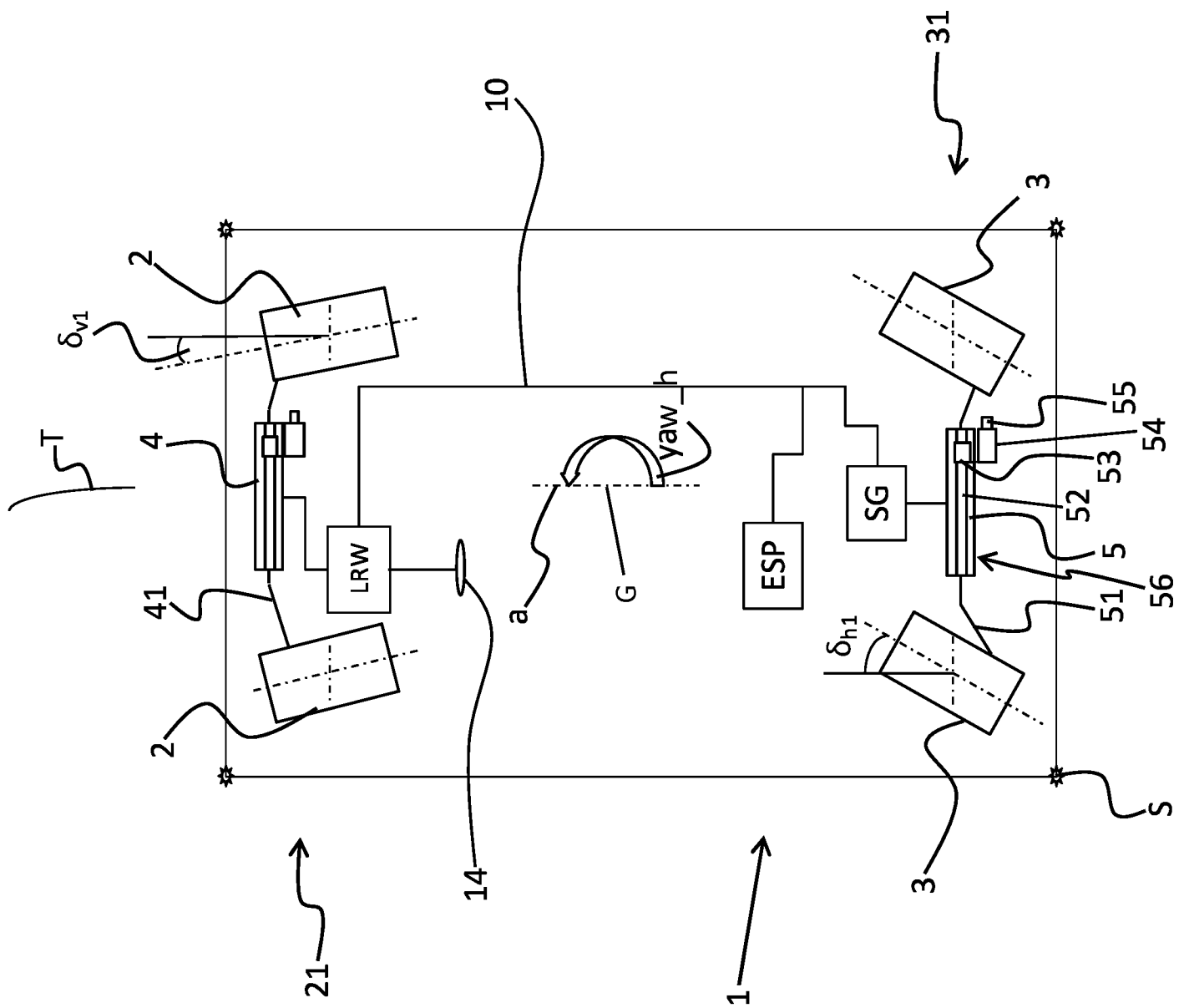


Fig. 1

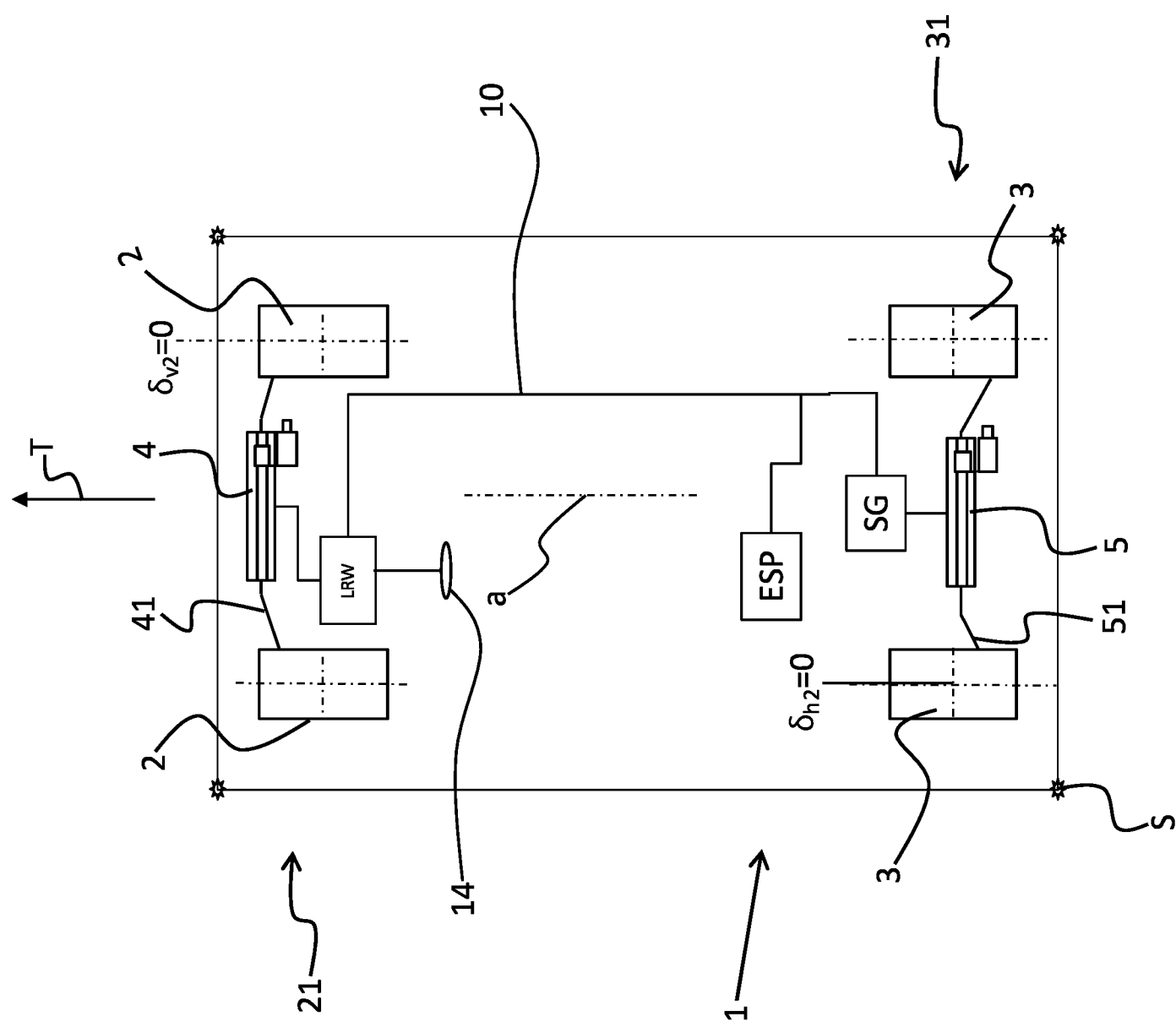
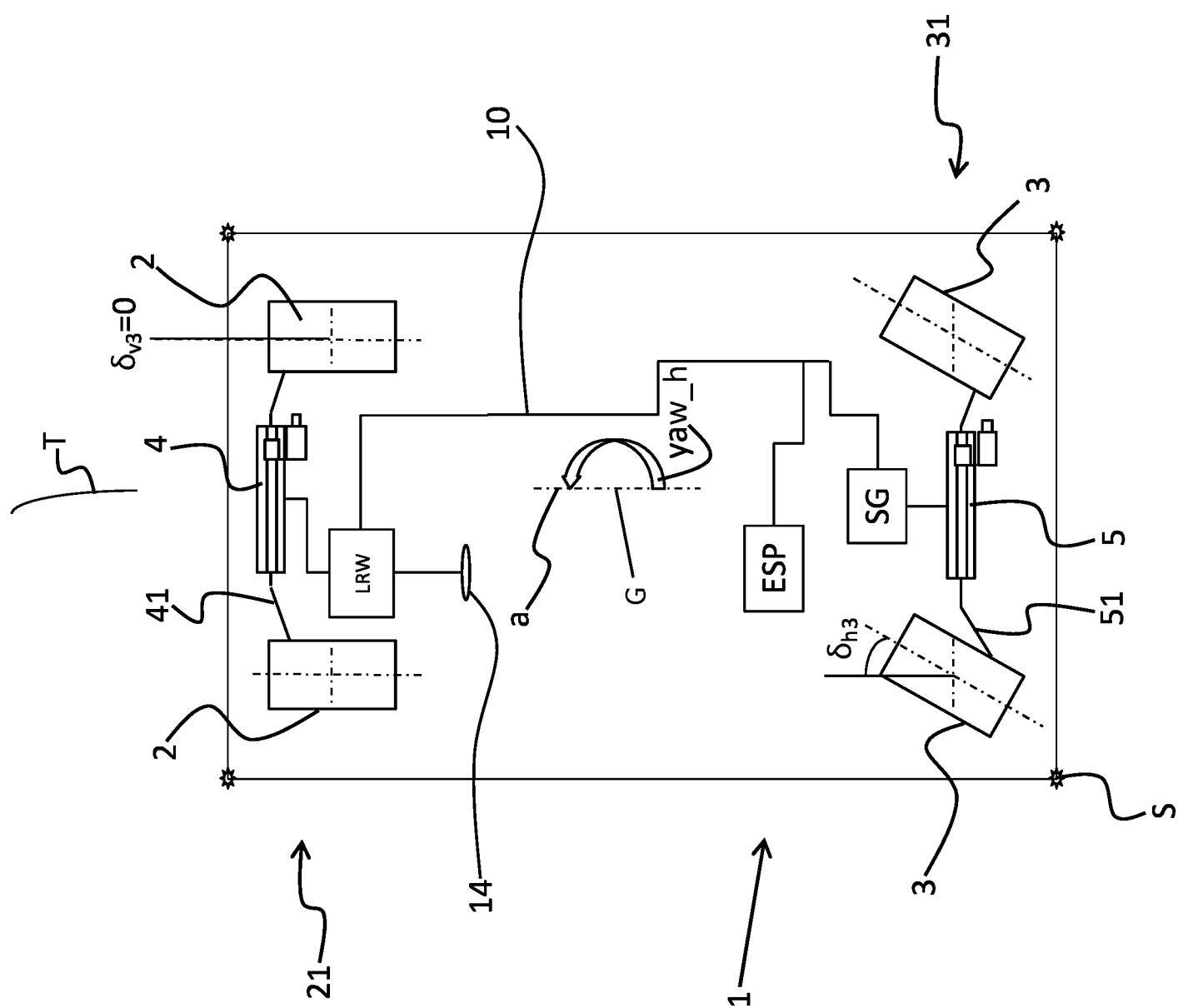


Fig. 2



Fi. 3

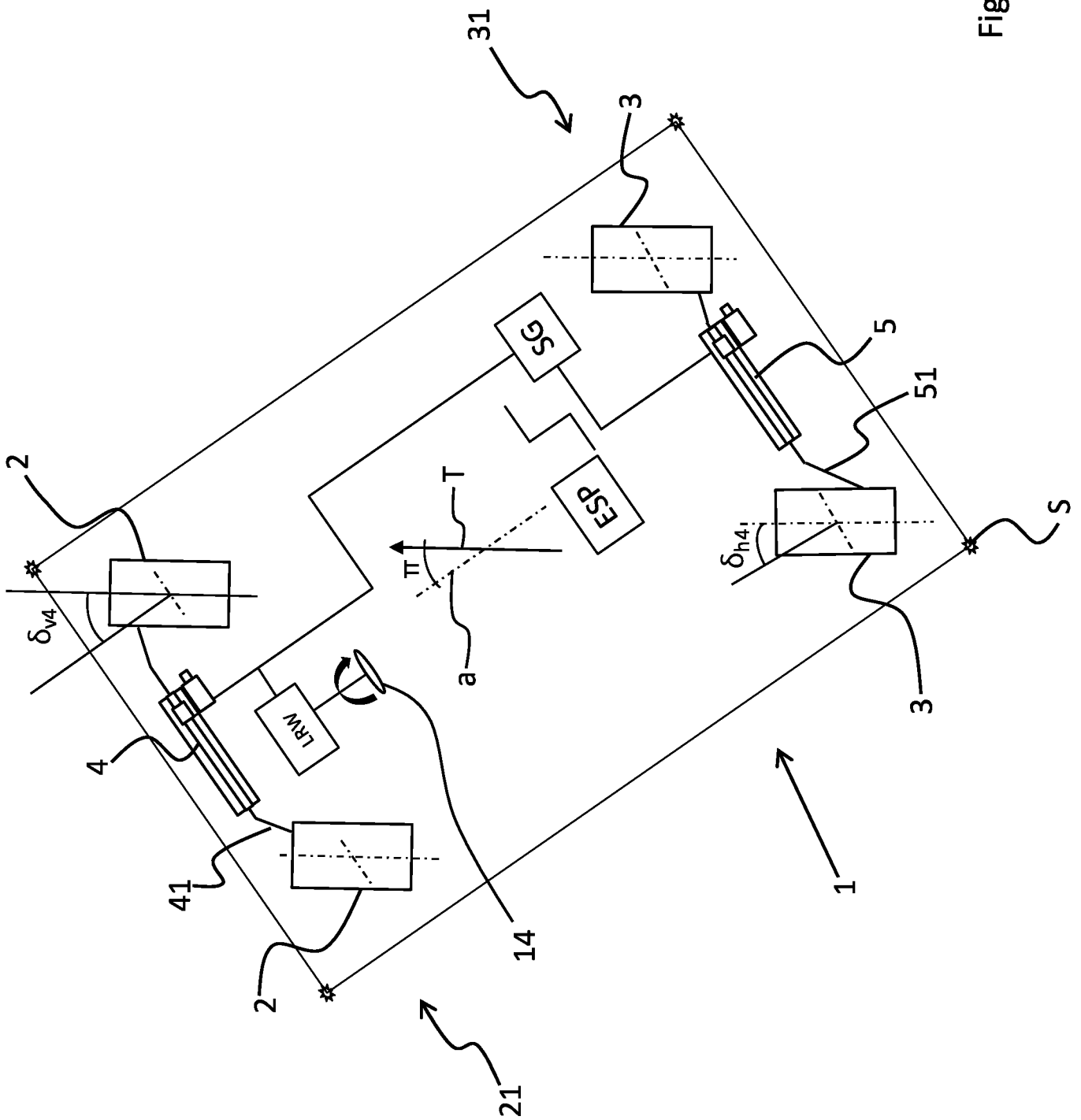


Fig. 4

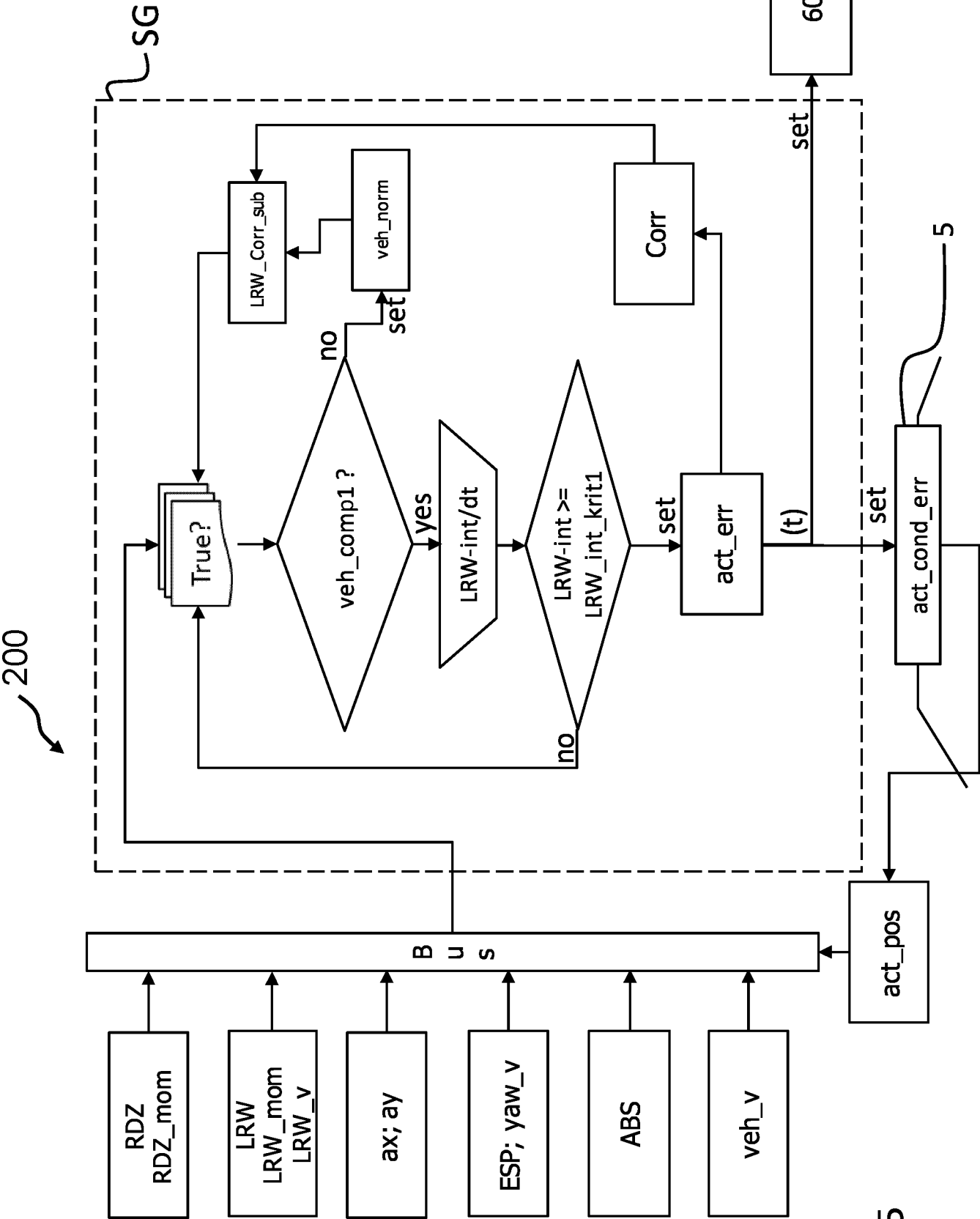


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/065050

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B62D 7/14**(2006.01)i; **B62D 5/04**(2006.01)i; **B62D 6/04**(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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2020377150 A1 (HIDAKA SELJI [JP] ET AL) 03 December 2020 (2020-12-03) paragraphs [0010], [0088]	1-11
A	US 2009095562 A1 (YASUI YOSHIYUKI [JP] ET AL) 16 April 2009 (2009-04-16) paragraphs [0050], [0060], [0088] - [0092]	1-11
A	DE 102014117926 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 11 June 2015 (2015-06-11) cited in the application paragraphs [0005], [0006], [0026] - [0040]	1-11



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

03 September 2024

Date of mailing of the international search report

13 September 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Areal Calama, A

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/065050

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2020377150	A1	03 December 2020	JP	6834662	B2	24 February 2021
				JP	2018161917	A	18 October 2018
				US	2020377150	A1	03 December 2020
				WO	2018173317	A1	27 September 2018
US	2009095562	A1	16 April 2009	DE	102008051530	A1	07 May 2009
				JP	5251067	B2	31 July 2013
				JP	2009096307	A	07 May 2009
				US	2009095562	A1	16 April 2009
DE	102014117926	A1	11 June 2015	CN	104709349	A	17 June 2015
				DE	102014117926	A1	11 June 2015
				US	2015158525	A1	11 June 2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B62D7/14 B62D5/04 B62D6/04 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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2020/377150 A1 (HIDAKA SEIJI [JP] ET AL) 3. Dezember 2020 (2020-12-03) Absätze [0010], [0088] -----	1 - 11
A	US 2009/095562 A1 (YASUI YOSHIYUKI [JP] ET AL) 16. April 2009 (2009-04-16) Absätze [0050], [0060], [0088] - [0092] -----	1 - 11
A	DE 10 2014 117926 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 11. Juni 2015 (2015-06-11) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0005], [0006], [0026] - [0040] -----	1 - 11
☐ 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 3. September 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 13/09/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Areal Calama, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/065050

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2020377150 A1	03-12-2020	JP 6834662 B2	24-02-2021
		JP 2018161917 A	18-10-2018
		US 2020377150 A1	03-12-2020
		WO 2018173317 A1	27-09-2018

US 2009095562 A1	16-04-2009	DE 102008051530 A1	07-05-2009
		JP 5251067 B2	31-07-2013
		JP 2009096307 A	07-05-2009
		US 2009095562 A1	16-04-2009

DE 102014117926 A1	11-06-2015	CN 104709349 A	17-06-2015
		DE 102014117926 A1	11-06-2015
		US 2015158525 A1	11-06-2015
