



FÖD Wirtschaft, K.M.B., Mittelstand
und Energie
Amt für Geistiges Eigentum

(11) 1031864 B1

(47) Erteilungsdatum : 04/03/2025

(12) BELGISCHES ERFINDUNGSPATENT

(47) Veröffentlichungsdatum : 04/03/2025

(21) Antragsnummer : BE2023/5644

(22) Anmeldetag : 02/08/2023

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

(51) Internationale Klassifikation : B62D 6/00, B62D 7/15, B62D 5/04

(30) Prioritätsangaben :

(73) Inhaber :

thyssenkrupp Presta AG
AG
9492, ESCHEN
Liechtenstein

thyssenkrupp AG
AG
45143, ESSEN
Deutschland

(72) Erfinder :

Dr. MIANO Carlo Mario
9492 ESCHEN
Liechtenstein

LAPIS Leonard
9466 SENNWALD
Schweiz

POLMANS Kristof
6464 TARRENZ
Österreich

(54) Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems, Steuergerät und Kraftfahrzeug

(57)Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems für ein Kraftfahrzeug (1) mit lenkbaren Vorder- und Hinterrädern in einem Notlenkbetrieb, mit den folgenden Schritten: - Überprüfen des Lenksystems (2) auf Vorliegen eines Fehlerzustandes, - Durchführen des Notlenkbetriebs zur Beibehaltung des ursprünglichen Fahrzeugverhaltens, wenn ein Fehlerzustand detektiert wird, wobei im Notlenkbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden: - Bestimmen der Soll-Querbeschleunigung basierend auf der Ist-Lenkradstellung und der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit, - Bestimmen des Giermoments und daraus eines allgemeinen Radlenkwinkels δ_g für das ursprüngliche Fahrzeugverhalten, wobei für den allgemeinen Radlenkwinkel δ_g gilt $\delta_g = \delta_f - \delta_r$ δ_g - allgemeiner Radlenkwinkel δ_f - Vorderradlenkwinkel δ_r - Hinterradlenkwinkel - Bestimmen eines Korrektur-Vorderradlenkwinkels $\Delta\delta_f$ und eines Korrektur-Hinterradlenkwinkels $\Delta\delta_r$ und - Bestimmen der Antriebsmomente und/oder Bremsmomente für die Vorderräder (FL, FR) und die Hinterräder (RL, RR), die durch das Torque-Vectoringsystem entsprechend verteilt werden.

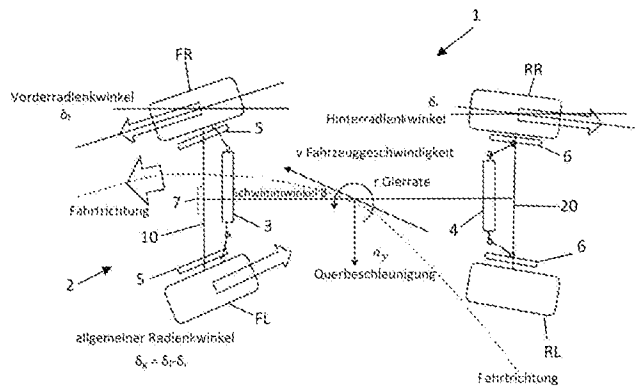


Fig. 1

Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems, Steuergerät und Kraftfahrzeug

Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems, ein Steuergerät und ein Kraftfahrzeug.

Bei einem Steer-by-Wire-Lenksystem sind die gelenkten Räder und das Lenkrad nicht mechanisch sondern elektrisch gekoppelt. Die gelenkten Räder werden
10 durch Lenksignale gesteuert. Dabei wird die jeweilige Lenkradstellung von einem Lenkwinkelsensor erfasst. Das entsprechende Lenksignal bewirkt, dass ein Lenksteller die Stellung der gelenkten Räder ändert.

Im Normalbetrieb wird permanent die ordnungsgemäße Funktion des Steer-by-Wire-Lenksystems überprüft. Bei einem Fehler wird das Steer-by-Wire-Lenksystem
15 abgeschaltet und ein Notlenksystem aktiviert, um die Lenkfunktion des Fahrzeugs aufrechtzuerhalten. Dazu können mechanische Hilfssysteme vorgesehen sein, die den Notlenkbetrieb ermöglichen. Die Vorteile des Steer-by-Wire-Lenksystems mit Blick auf Bauraum, Montage, Links- und Rechtslenkervarianten sowie Crash-Verhalten werden dadurch aber praktisch aufgehoben oder zumindest beeinträchtigt.

20 Ein vollständig elektrisch arbeitendes Notlenksystem ist aus DE 10 2019 129 032 A1 bekannt, das auf die Anmelderin zurückgeht und sich von mechanischen Hilfssystemen durch den Einsatz eines Torque-Vectoringsystems abhebt, so dass auf eine mechanische Verbindung zwischen Lenkrad und gelenkten Rädern verzichtet werden kann. Auch wenn das bekannte System bereits sehr gut funktioniert, be-
25 steht Verbesserungsspielraum mit Blick auf eine möglichst genaue Wiederherstellung bzw. Reproduktion des ursprünglichen Fahrverhaltens, wenn das Notlenksystem aktiviert ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde das aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannte Verfahren dahingehend zu verbessern, dass ohne
30 Einsatz mechanischer Hilfsmittel zur Kopplung des Lenkrads und der gelenkten

Räder das ursprüngliche Fahrverhalten im Notlenkbetrieb möglichst genau reproduziert wird. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zu Grunde, ein entsprechendes Steuergerät sowie ein Kraftfahrzeug anzugeben.

- 5 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit Blick auf das Verfahren durch den Gegenstand des Anspruchs 1, mit Blick auf das Steuergerät durch den Gegenstand des Anspruchs 8 und mit Blick auf das Kraftfahrzeug durch den Gegenstand des Anspruchs 9 gelöst.

- 10 Konkret wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems für ein Kraftfahrzeug in einem Notlenkbetrieb gelöst, wobei das Kraftfahrzeug eine Vorderachse mit Vorderrädern, eine Hinterachse mit Hinterrädern, ein Steer-by-Wire-Lenksystem und ein Torque-Vectoringsystem umfasst. Die Vorderräder und die Hinterräder sind jeweils durch eine Lenkstange verbunden und sind lenkbar. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Überprüfen des Lenksystems auf Vorliegen eines Fehlerzustandes,
- 15 – Durchführen des Notlenkbetriebs zur Beibehaltung des ursprünglichen Fahrzeugverhaltens, wenn ein Fehlerzustand detektiert wird,

wobei im Notlenkbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden:

- Bestimmen der Soll-Querbeschleunigung basierend auf der Ist-Lenkradstellung und der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit,
- 20 – Bestimmen des Giermoments und daraus eines allgemeinen Radlenkwinkels δ_g für das ursprüngliche Fahrzeugverhalten, wobei für den allgemeinen Radlenkwinkel δ_g gilt

$$\delta_g = \delta_f - \delta_r$$

δ_g - allgemeiner Radlenkwinkel

- 25 δ_f - Vorderradlenkwinkel

δ_r - Hinterradlenkwinkel

- Bestimmen eines Korrektur-Vorderradlenkwinkels $\Delta\delta_f$ und eines Korrektur-Hinterradlenkwinkels $\Delta\delta_r$ und
 - Bestimmen der Antriebsmomente und/oder Bremsmomente für die Vorderräder und die Hinterräder, die durch das Torque-Vectoringsystem entsprechend
- 5 verteilt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, dass die Funktionalität des Fahrzeugs hinsichtlich des Lenkverhaltens bspw. bei einem Versagen des Lenk-
stellers bzw. des Aktuators zur Übertragung der Lenkbewegung auf die gelenkten
Räder vollständig reproduziert wird. Selbst im nichtlinearen Betriebsbereich des
10 Fahrzeugs werden die Gierratenantwort und die Schwimmwinkelantwort im Not-
lenkbetrieb wiederhergestellt, so dass die ursprüngliche Fahrrichtung präzise ein-
gehalten wird. Dazu ist vorgesehen, dass die Hinterräder zusätzlich zu den Vor-
derrädern lenkbar sind. Im Rahmen des Verfahrens wird der allgemeine Radlenk-
winkels als Funktion des Vorderradlenkwinkels und des Hinterradlenkwinkels ba-
15 sierend auf dem Giermoment bestimmt. Zu Einstellung des gewünschten Vorder-
radlenkwinkels und des gewünschten Hinterradlenkwinkels werden die An-
triebsmomente und/oder Bremsmomente durch das Torque-Vectoringsystem auf
die entsprechenden Vorderräder und Hinterräder verteilt. Der Lenksteller oder an-
dere mechanische Hilfssysteme sind somit im Notlenkbetrieb nicht erforderlich,
20 sodass die Lenkfunktion des Fahrzeugs vollelektrisch aufrechterhalten wird. Die
Lenkstangen zwischen den Vorder- und Hinterrädern werden jeweils durch die
Momentenverteilung an den Einzelrädern in die gewünschte Lenkposition bewegt.

Die Einbeziehung der Hinterradlenkung in den Notfallbetrieb führt zu einem zu-
sätzlichen Freiheitsgrad, durch den das ursprüngliche Fahrverhalten besonders
25 präzise reproduziert wird.

Die im Zusammenhang mit dem Verfahren genannten Vorteile gelten in entspre-
chender Weise auch für das erfindungsgemäße Steuergerät. Die im Zusammen-
hang mit dem Verfahren beschriebenen Verfahrensschritte werden auch im Zu-
sammenhang mit dem Steuergerät offenbart und zwar in der Form, dass das
30 Steuergerät dazu konfiguriert bzw. angepasst ist, diese Verfahrensschritte durch-
zuführen.

Unter ursprünglicher Fahrrichtung bzw. ursprünglichem Fahrverhalten werden die Fahrrichtung und das Fahrverhalten im Normalbetrieb verstanden. Der Notlenkbetrieb kann durch unterschiedliche Fehler ausgelöst werden, beispielsweise durch ein Versagen des Lenkstellers, der die Lenkstange zwischen den Vorderrädern antreibt, oder durch einen Elektronikfehler des Steer-by-Wire-Lenksystems. Jedenfalls kann durch den Fehlerzustand das ursprüngliche Fahrverhalten im Normalbetrieb nicht aufrechterhalten werden. Die Querschleunigung des Fahrzeugs ist die senkrecht zur Fahrzeuginnenachse wirkende Beschleunigung. Das Giermoment ist das um die Hochachse des Fahrzeugs wirkende Moment. Der allgemeine Radlenkwinkel entspricht der Differenz aus dem Vorderradlenkwinkel und dem Hinterradlenkwinkel. Der Vorderradlenkwinkel ist der Winkel zwischen einer Radialebene des Vorderrads senkrecht zur Drehachse des Rads und einer Parallelen zur Fahrzeuginnenachse. Dasselbe gilt entsprechend für das Hinterrad. Der Korrektur-Vorderradlenkwinkel bzw. Korrektur-Hinterradlenkwinkel ist die Stellgröße um den angestrebten allgemeinen Radlenkwinkel zu erreichen und führt zu einer entsprechenden Bewegung der jeweiligen Lenkstange.

Der Schwimmwinkel (slip angle) ist der Winkel zwischen der Bewegungsrichtung des Fahrzeugs und der Fahrzeuginnenachse. Die näherungsweise Bestimmung des Schwimmwinkels ist allgemein bekannt und wird nicht weiter vertieft.

Der Begriff Steuerung wird nicht im regelungstechnisch strengen Sinn verstanden, sondern umfasst auch eine Regelung (closed control). Die Erfindung betrifft also auch ein Verfahren zur Regelung eines Steer-by-Wire-Lenksystems sowie ein entsprechendes Steuergerät.

Das Torque-Vectoringsystem bewirkt eine Drehmomentverteilung auf individuelle Räder, so dass die Vorderräder bzw. die Hinterräder, also das jeweilige linke und rechte Rad, jeweils mit unterschiedlichen Drehmomenten beaufschlagt sind. Dadurch wird in an sich bekannter Weise der Gierwinkel bzw. die Gierrate beeinflusst. Bei den Drehmomenten handelt es sich um Antriebsmomente und/oder Bremsmomente.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

So kann das Verfahren den Schritt umfassen: Bestimmen eines Soll-Schwimmwinkels β als Zielgröße für den Vorderradlenkwinkel δ_f und den Hinterradlenkwinkel δ_r . Dies hat den Vorteil, dass die ursprüngliche Fahrrichtung des Fahrzeugs präzise eingehalten wird.

- 5 Vorzugsweise umfasst das Verfahren folgenden Schritt: Bestimmen der Giermomentkomponenten aus dem Giermoment für die Antriebsmomente und/oder Bremsmomente für die Vorderräder und die Hinterräder, die durch das Torque-Vectoringsystem entsprechend verteilt werden. Das aktuelle Giermoment wird so durch das Torque-Vectoringsystem präzise abgebildet und auf die Hinterradlenkung und die Vorderradlenkung aufgeteilt.
- 10

Das Verfahren kann den Schritt umfassen: Bestimmen des Giermoments basierend auf der Ist-Lenkradstellung und der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit. Das Giermoment kann in an sich bekannter Weise berechnet werden.

- Vorzugsweise weist das das Steer-by-Wire-Lenksystem eine Vorderradlenkung auf. Dies hat den Vorteil, dass die Erfindung auf Standardlenksysteme anwendbar ist. Unter einer Vorderradlenkung wird eine Radlenkung verstanden, bei der die Vorderräder aktiv, d. h. mit angetriebener Lenkstange, gelenkt werden. Die Vorderradlenkung umfasst einen Lenksteller bzw. einen entsprechenden Aktuator, der mit der Lenkstange gekoppelt ist. Wenn der Lenksteller bzw. Aktuator versagt, wird die Lenkstange zwischen den Vorderrädern nicht blockiert, sondern kann sich frei bewegen, sodass die Position der Lenkstange durch die Drehmomentverteilung zwischen dem rechten und linken Vorderrad bestimmt wird.
- 15
- 20

- Die Hinterradlenkung ist vorzugsweise antriebsfrei. Die Lenkstange der Hinterradlenkung ist nicht angetrieben, sondern wird ausschließlich durch die Drehmomentverteilung zwischen dem linken und dem rechten Hinterrad bewegt.
- 25

- Vorzugsweise weist das Kraftfahrzeug Einzelradbremsen auf. Damit kann eine Drehmomentverteilung durch unterschiedliche Bremsmomente bzw. Bremsdrücke an den linken und rechten Einzelrädern erreicht werden. Damit ist auch bei nicht angetriebenen Achsen, beispielsweise der Hinterachse, ein Torque-Vectoring möglich. Einzelradbremsen können auch an den Rädern der angetriebenen Achse, bspw. der Vorderachse, vorgesehen sein, so dass zusätzlich zu den Antriebsmomenten, insbesondere den radindividuellen Antriebsmomenten, individuelle
- 30

Bremsmomente auf die Einzelräder wirken können. Unter einer Einzelradbremse wird eine Bremse verstanden, die radindividuell ein Bremsmoment in das jeweilige Rad einleitet, das vom Bremsmoment des anderen Rades derselben Achse unabhängig ist.

- 5 Das Kraftfahrzeug kann einen Antrieb aufweisen, der auf der Vorderachse angeordnet ist und ein offenes Differentialgetriebe aufweist. Es handelt sich vorzugsweise um einen zentralen Einzelantrieb. Die Erfindung ist damit auf die üblichen Antriebskonzepte anwendbar. Ein offenes Differentialgetriebe ist ohne Sperreinrichtung ausgestattet.
- 10 Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezug auf die beigefügten schematischen Figuren mit weiteren Einzelheiten näher erläutert.

Dabei zeigen

- 15 Fig. 1 ein Fahrzeug mit einer lenkbaren Vorderachse und einer lenkbaren Hinterachse, bei dem ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Steuerung des Steer-by-Wire-Lenksystems implementiert ist, und

Fig. 2 ein Blockdiagramm der Steuerung des anhand Fig. 1 erläuterten Verfahrens.

- 20 Fig. 1 zeigt in Draufsicht und abstrahierter Weise das Fahrgestell eines Kraftfahrzeugs 1, insbesondere Pkw, bei dem ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems 2 implementiert ist. Das Fahrzeug weist ein entsprechendes Steuergerät auf (nicht gezeigt), das zur Durchführung des Verfahrens konfiguriert ist.
- 25 Das Kraftfahrzeug 1 hat eine Vorderachse 10 mit einem linken Vorderrad FL und einem rechten Vorderrad FR sowie eine Hinterachse 20 mit einem linken Hinterrad RL und einem rechten Hinterrad RR. Die beiden Vorderräder FL, FR sind durch eine erste Lenkstange 3 und die beiden Hinterräder RL, RR durch eine zweite Lenkstange 4 mechanisch verbunden. Sowohl die Vorderräder FL, FR als auch die
- 30 Hinterräder RL, RR sind lenkbar. Dazu wird in bekannter Weise die jeweilige

Lenkstange 3, 4 nach rechts oder links bewegt. Für die Vorderradlenkung ist ein Lenksteller bzw. Aktuator (nicht dargestellt) vorgesehen, der mit der ersten Lenkstange 3 mechanisch verbunden ist und die für die Lenkung erforderliche Antriebskraft zur Verfügung stellt. Der Lenksteller wird im Rahmen des Steer-by-Wire Lenksystems elektronisch angesteuert und ist nicht mit dem Lenkrad mechanisch verbunden. Das Steuersignal erhält der Lenksteller von einem Lenkwinkelsensor, der ein der jeweiligen Lenkradposition entsprechendes Lenksignal ausgibt.

Das Kraftfahrzeug 1 ist mit einem Torque-Vectoring-System ausgestattet, das die angetriebenen Räder individuell mit einem Antriebsmoment versorgt. Im Beispiel gemäß Fig. 1 sind die Vorderräder FL, FR angetrieben. Der Fahrzeugmotor ist auf der Vorderachse 10 angeordnet und mit einem offenen Differenzialgetriebe verbunden. Die Hinterachse 20 ist nicht angetrieben.

Die Hinterachse 20 umfasst Einzelradbremsen 6, die im Rahmen des Torque-Vectoring-Systems radindividuelle Bremsmomente bzw. Bremsdrücke in das linke Hinterrad RL bzw. das rechte Hinterrad RR einleiten. Bei dem Beispiel gemäß Fig. 1 weisen auch die beiden Vorderräder FL, FR Einzelradbremsen 5 auf. Damit können die beiden Vorderräder FL, FR zusätzlich zu den individuellen Antriebsmomenten mit individuellen Bremsmomenten beaufschlagt werden.

Anhand Fig. 1 werden die für das Verfahren wesentlichen Parameter näher erläutert. Wie in Fig. 1 zu sehen, wirkt die Querbeschleunigung a_y senkrecht zur Längsachse des Fahrzeugs. Das Giermoment bzw. die Gierrate wirken um die Hochachse des Fahrzeugs. Die Fahrzeuggeschwindigkeit v wird tangential zur Fahrrichtung bestimmt bzw. gemessen. Die Fahrrichtung verläuft im Beispiel gemäß Fig. 1 bzw. in dem dort gezeigten Betriebszustand in Form einer Linkskurve.

Der Schwimmwinkel (slip angle) β ist der Winkel zwischen der Fahrrichtung des Fahrzeugs und der Fahrzeuglängsachse. Bei dem Beispiel gemäß Fig. 1 wird der Schwimmwinkel β im Bereich des Fahrzeugschwerpunktes erfasst bzw. in an sich bekannter Weise geschätzt. Das Giermoment und die Querbeschleunigung werden ebenfalls im Bereich des Fahrzeugschwerpunktes erfasst. Allgemein werden das Giermoment und die Querbeschleunigung sowie der Schwimmwinkel β an der selben Position der Fahrzeuglängsachse erfasst.

Wie in Fig. 1 gezeigt, sind der Vorderradlenkwinkel bzw. der Hinterradlenkwinkel jeweils zwischen einer Parallelen zur Fahrzeuglängsachse und einer Radialebene gebildet, die sich senkrecht zur Drehachse des jeweiligen Rades erstreckt. Die Radialebene ist eine Ebene, die sich in radialer Richtung des Rades erstreckt. Aus dem Vorderradlenkwinkel und dem Hinterradlenkwinkel wird ein allgemeiner Radlenkwinkel gebildet.

Bei dem Verfahren wird das Lenksystem 2 auf Vorliegen eines Fehlerzustandes überprüft. Wenn ein Fehler, beispielsweise ein Ausfall des Lenkstellers detektiert ist, wird der Notlenkbetrieb eingeleitet, um das ursprüngliche Fahrzeugverhalten zu reproduzieren bzw. aufrechtzuerhalten. Konkret bedeutet dies im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1, dass die durch den Lenkeinschlag vorgegebene Linkskurve mit der gewünschten Geschwindigkeit so durchfahren wird, als ob das Lenksystem 2 normal arbeitet.

Im Notlenkbetrieb werden die Lenkradstellung sowie die Fahrzeuggeschwindigkeit gemessen und daraus eine Soll-Querbeschleunigung bestimmt. Aus der Ist-Lenkradstellung und der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit wird ferner das Giermoment berechnet aus dem wiederum ein allgemeiner Radlenkwinkel δ_g abgeleitet wird, der dem ursprünglichen Fahrzeugverhalten entspricht. Für den allgemeinen Radlenkwinkel δ_g gilt

$$\delta_g = \delta_f - \delta_r$$

δ_g - allgemeiner Radlenkwinkel
 δ_f - Vorderradlenkwinkel
 δ_r - Hinterradlenkwinkel

Der allgemeine Radlenkwinkel δ_g wird also aufgeteilt in den Vorderradlenkwinkel δ_f und den Hinterradlenkwinkel δ_r . Die Aufteilung kann sich im Verhältnis vorne/hinten etwas ändern, sofern der allgemeine Radlenkwinkel δ_g eingehalten wird.

Für den Vorderradlenkwinkel δ_f und den Hinterradlenkwinkel δ_r werden die entsprechenden Korrekturwerte, also

Korrektur-Vorderradlenkwinkel $\Delta\delta_f$ und
 Korrektur-Hinterradlenkwinkel $\Delta\delta_r$

bestimmt. Außerdem werden aus dem Giermoment die entsprechenden Giermomentkomponenten für die Vorderräder FL, FR und die Hinterräder RL, RR bestimmt und daraus die entsprechenden Antriebs- und/oder Bremsmomente, mit denen die Vorderräder FL, FR und die Hinterräder RL, RR durch das Torque-Vec-

toring-System individuell beaufschlagt werden.

Wenn also der Lenksteller ausfällt, kann sich die erste Lenkstange 3 frei bewegen. Das gilt ebenso für die zweite Lenkstange 4, da diese nicht angetrieben ist. Durch die verteilten Antriebsmomente und/oder Bremsmomente werden die beiden Lenkstange 3, 4 in die gewünschte Position bewegt, sodass das Fahrzeug die erforderliche Giermomentantwort und Schwimmwinkelantwort durchführt. Anhand Fig. 1 ist dies dadurch veranschaulicht, dass das rechte Vorderrad FR ein Antriebsmoment (Pfeil nach vorne) und das linke Vorderrad FL ein Bremsmoment (Pfeil nach hinten) erfährt. Dadurch wird eine vordere Giermomentkomponente erzeugt und die beiden Vorderräder FL, FR werden nach links eingelenkt. Das rechte Hinterrad RR erfährt ein Bremsmoment (Pfeil nach hinten), sodass eine hintere Giermomentkomponente erzeugt und die zweite Lenkstange 4 ebenfalls nach rechts ausgelenkt wird. Das Fahrzeug beschreibt eine Linkskurve entlang der des ursprünglichen Bahnverlaufes.

Bei einer Rechtskurve ist die Drehmomentverteilung umgekehrt.

Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm mit der Steuerungslogik für das Verfahren nach Fig. 1. Demnach gehen als Eingangsgrößen in die Steuerung die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Gierrate, und die Querbefleunigung ein. Weitere Eingangsgrößen sind der gemessene Lenkwinkel, der geschätzte (estimated) Schwimmwinkel β des Fahrzeugs, der gemessene Vorderradlenkwinkel, der gemessene Hinterradlenkwinkel sowie der geschätzte Reibungsbeiwert der Straße. Die Ausgangsgrößen sind der Korrektur-Vorderradlenkwinkel $\Delta\delta_f$ und der Korrektur-Hinterradlenkwinkel $\Delta\delta_r$, sowie die angeforderten Motordrehmomente bzw. Antriebsdrehmomente und Bremsdrehmomente bzw. Bremsdrücke.

Bezugszeichenliste

	1	Kraftfahrzeug
5	2	Lenksystem
	3	erste Lenkstange
	4	zweite Lenkstange
	5, 6	Einzelradbremsen
	7	Antrieb
10	10	Vorderachse
	20	Hinterachse
	FL	Vorderrad links
	FR	Vorderrad rechts
	RL	Hinterrad links
15	RR	Hinterrad rechts

Ansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems für ein Kraftfahrzeug (1) in einem Notlenkbetrieb, wobei das Kraftfahrzeug (1) eine Vorderachse (10) mit Vorderrädern (FL, FR), eine Hinterachse (20) mit Hinterrädern (RL, RR), ein Steer-by-Wire-Lenksystem (2) und ein Torque-Vectoringsystem umfasst, wobei die Vorderräder (FL, FR) und die Hinterräder (RL, RR) jeweils durch eine Lenkstange (3, 4) verbunden und lenkbar sind, mit den folgenden Schritten:

 - Überprüfen des Lenksystems (2) auf Vorliegen eines Fehlerzustandes,
 - Durchführen des Notlenkbetriebs zur Beibehaltung des ursprünglichen Fahrzeugverhaltens, wenn ein Fehlerzustand detektiert wird, wobei im Notlenkbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden:
 - Bestimmen der Soll-Querbeschleunigung basierend auf der Ist-Lenkradstellung und der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit,
 - Bestimmen des Giermoments und daraus eines allgemeinen Radlenkwinkels δ_g für das ursprüngliche Fahrzeugverhalten, wobei für den allgemeinen Radlenkwinkel δ_g gilt

$$\delta_g = \delta_f - \delta_r$$
 - δ_g - allgemeiner Radlenkwinkel
 - δ_f - Vorderradlenkwinkel
 - δ_r - Hinterradlenkwinkel
 - Bestimmen eines Korrektur-Vorderradlenkwinkels $\Delta\delta_f$ und eines Korrektur-Hinterradlenkwinkels $\Delta\delta_r$ und
 - Bestimmen der Antriebsmomente und/oder Bremsmomente für die Vorderräder (FL, FR) und die Hinterräder (RL, RR), die durch das Torque-Vectoringsystem entsprechend verteilt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
Bestimmen eines Soll-Schwimmwinkels β als Zielgröße für den Vorderradlenkwinkel δ_f und den Hinterradlenkwinkel δ_r .
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
Bestimmen der Giermomentkomponenten aus dem Giermoment für die Antriebsmomente und/oder Bremsmomente für die Vorderräder (FL, FR)

und die Hinterräder (RL, RR), die durch das Torque-Vectoringsystem entsprechend verteilt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
5 gekennzeichnet durch
Bestimmen des Giermoments basierend auf der Ist-Lenkradstellung und
der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
10 dadurch gekennzeichnet, dass
das Steer-by-Wire-Lenksystem eine Vorderradlenkung umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
15 dadurch gekennzeichnet, dass
das Kraftfahrzeug Einzelradbremsen (5, 6) aufweist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
20 dadurch gekennzeichnet, dass
das Kraftfahrzeug einen Antrieb (7) aufweist, der auf der Vorderachse
(10) angeordnet ist und ein offenes Differentialgetriebe aufweist.
8. Steuergerät zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems für ein
25 Kraftfahrzeug (1) in einem Notlenkbetrieb, wobei das Kraftfahrzeug (1)
eine Vorderachse (10) mit Vorderrädern (FL, FR), eine Hinterachse (20)
mit Hinterrädern (RL, RR), ein Steer-by-Wire-Lenksystem (2) und ein
Torque-Vectoringsystem umfasst, wobei die Vorderräder (FL, FR) und die
Hinterräder (RL, RR) jeweils durch eine Lenkstange (3, 4) verbunden und
lenkbar sind, wobei das Steuergerät zur Durchführung folgender Schritte
angepasst ist:
30 – Überprüfen des Lenksystems (2) auf Vorliegen eines Fehlerzustandes,
– Durchführen des Notlenkbetriebs zur Beibehaltung des ursprünglichen
Fahrzeugverhaltens, wenn ein Fehlerzustand detektiert wird,
wobei im Notlenkbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden:
– Bestimmen der Soll-Querbeschleunigung basierend auf der Ist-
35 Lenkradstellung und der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit,

- Bestimmen des Giermoments und daraus eines allgemeinen Radlenkwinkels δ_g für das ursprüngliche Fahrzeugverhalten, wobei für den allgemeinen Radlenkwinkel δ_g gilt

$$\delta_g = \delta_f - \delta_r$$

5

 δ_g - allgemeiner Radlenkwinkel δ_f - Vorderradlenkwinkel δ_r - Hinterradlenkwinkel

- Bestimmen eines Korrektur-Vorderradlenkwinkels $\Delta\delta_f$ und eines Korrektur-Hinterradlenkwinkels $\Delta\delta_r$ und
- Bestimmen der Antriebsmomente und/oder Bremsmomente für die Vorderräder (FL, FR) und die Hinterräder (RL, RR), die durch das Torque-Vectoringsystem entsprechend verteilt werden.

10

9. Kraftfahrzeug mit einem Steuergerät nach Anspruch 8.

15

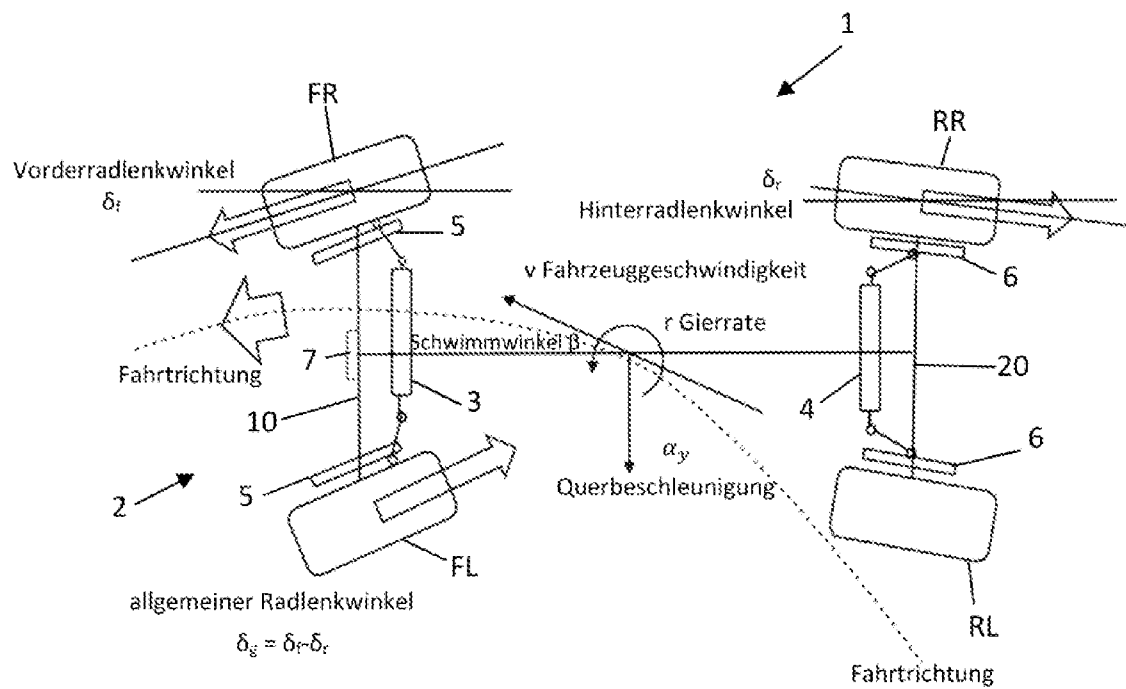


Fig. 1

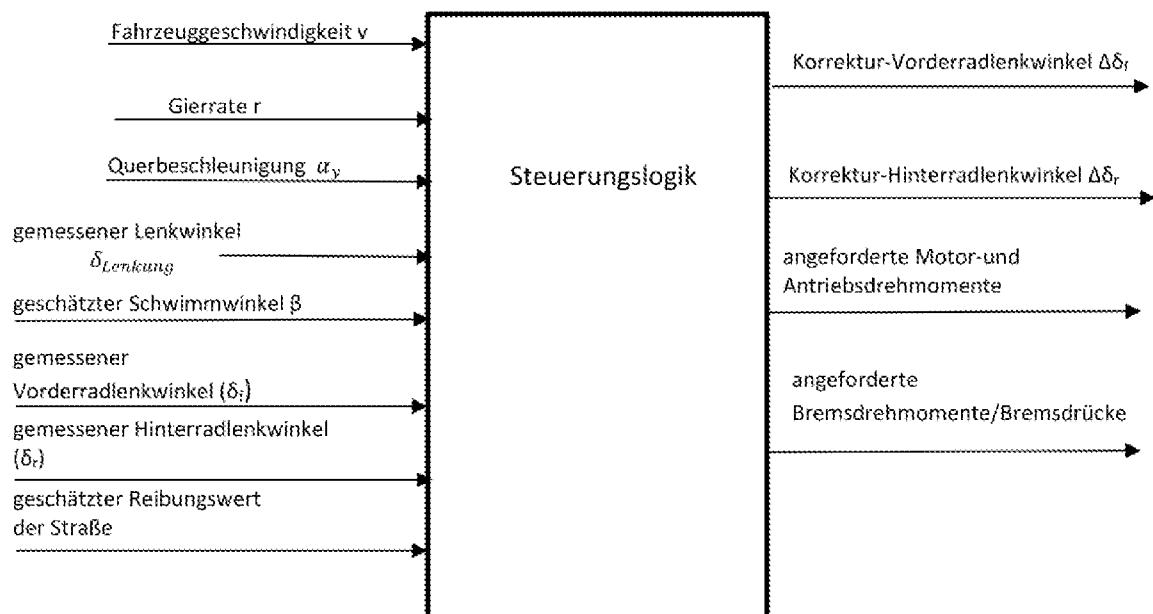


Fig. 2

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

RECHERCHENBERICHT INTERNATIONALER ART NACH ARTIKEL XI.23.,
§10 DES BELGISCHEN WIRTSCHAFTSGESETZBUCHES

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG	AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS
	210298P00BE
Nationales Aktenzeichen	Anmeldedatum
202305644	02-08-2023
Anmeldeland	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name)	
thyssenkrupp AG, et al	
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art	Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat
12-08-2023	SN84449
I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)	
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC	
Siehe Recherchenbericht	
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE	
Recherchierter Mindestprüfstoff	
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
IPC	Siehe Recherchenbericht
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen	
III. ☐ EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	
IV. ☐ MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 202305644

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B62D6/00 B62D7/15 B62D5/04 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B62D B60W		
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 VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2020 100719 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]) 15. Juli 2021 (2021-07-15) * Absatz [0006]; Abbildungen * * Absatz [0012] * -----	1,8
A	EP 4 093 650 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 30. November 2022 (2022-11-30) * Absatz [0028] * -----	1,8
A	US 2023/121593 A1 (LABARBERA JOSEPH A [US] ET AL) 20. April 2023 (2023-04-20) * Ansprüche * -----	1,8
A	EP 1 351 843 B1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2. Januar 2008 (2008-01-02) * Anspruch 1 * -----	1,8
		-/--
☒ 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" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem 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 Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art		Absenddatum des Berichts über die Recherche internationaler Art
26. März 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 Pemberton, Paul

C.(Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2022 106530 B3 (HYUNDAI MOBIS CO LTD [KR]) 17. Mai 2023 (2023-05-17) * Anspruch 1 *	1,8
A	----- CN 114 919 640 A (GUANGZHOU XPENG AUTOMATIC DRIVING TECH CO LTD) 19. August 2022 (2022-08-19) * Anspruch 5 *	1,8
A	----- DE 10 2015 009241 A1 (AUDI AG [DE]) 19. Januar 2017 (2017-01-19) * Anspruch 3 *	1,8
A	----- US 10 899 340 B1 (HITZINGER ALEXANDER [US]) 26. Januar 2021 (2021-01-26) * Anspruch 1 *	1,8

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 202305644

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102020100719 A1	15-07-2021	CN 114929556 A	19-08-2022
		DE 102020100719 A1	15-07-2021
		EP 4090574 A1	23-11-2022
		WO 2021144184 A1	22-07-2021

EP 4093650 A1	30-11-2022	CN 115003586 A	02-09-2022
		DE 102020101587 A1	29-07-2021
		EP 4093650 A1	30-11-2022
		US 2023048018 A1	16-02-2023
		WO 2021148334 A1	29-07-2021

US 2023121593 A1	20-04-2023	CN 115991232 A	21-04-2023
		DE 102022101714 A1	20-04-2023
		US 2023121593 A1	20-04-2023

EP 1351843 B1	02-01-2008	AT E382519 T1	15-01-2008
		DE 10053604 A1	02-05-2002
		EP 1351843 A1	15-10-2003
		JP 2004512225 A	22-04-2004
		US 2003122417 A1	03-07-2003
		WO 0234599 A1	02-05-2002

DE 102022106530 B3	17-05-2023	CN 116476916 A	25-07-2023
		DE 102022106530 B3	17-05-2023
		KR 20230109926 A	21-07-2023
		US 2023227102 A1	20-07-2023

CN 114919640 A	19-08-2022	KEINE	

DE 102015009241 A1	19-01-2017	KEINE	

US 10899340 B1	26-01-2021	US 10899340 B1	26-01-2021
		US 11702065 B1	18-07-2023



SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr. SN84449	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 02.08.2023	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Anmeldung Nr. BE202305644
Internationale Patentklassifikation (IPK) INV. B62D6/00 B62D7/15 B62D5/04			
Anmelder thyssenkrupp AG, et al			

Dieser Bescheid enthält Angaben und entsprechende Seiten zu folgenden Punkten:

- ☒ Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- ☐ Feld Nr. II Priorität
- ☐ Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- ☐ Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- ☒ Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- ☐ Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- ☐ Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung
- ☒ Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

Formblatt BE237A (Deckblatt) (Juli 2022)	Prüfer Pemberton, Paul
--	---------------------------

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Feld Nr. I Grundlage des Bescheids

1. Dieser Bescheid wurde auf der Grundlage des vor dem Beginn der Recherche eingereichten Satzes von Ansprüchen erstellt.
2. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der Anmeldung offenbart wurde, ist dieser Bescheid auf der Grundlage eines Sequenzprotokolls erstellt worden, das
 - a. ☐ im Anmeldezeitpunkt Bestandteil der Anmeldung war.
 - b. ☐ nach dem Anmeldedatum für die Zwecke der Recherche eingereicht wurde
 - ☐ begleitet von einer Erklärung, wonach das Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht.
3. ☐ Hinsichtlich der Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz, die in der Anmeldung offenbart wurde, ist dieser Bescheid insoweit erstellt worden, dass ein sinnvolles Gutachten ohne ein dem WIPO-Standard ST.26 entsprechendes Sequenzprotokoll erstellt werden konnte.
4. Zusätzliche Bemerkungen:

Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit	Ja: Ansprüche 1-9 Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit	Ja: Ansprüche 1-9 Nein: Ansprüche
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja: Ansprüche: 1-9 Nein: Ansprüche:

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

siehe Beiblatt

Zu Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

Es wird auf das folgende Dokument verwiesen:

D1 DE 10 2020 100719 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI]) 15. Juli 2021 (2021-07-15)

1 D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Es offenbart:

Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems für ein Kraftfahrzeug in einem Notlenkbetrieb, wobei

das Kraftfahrzeug

 eine Vorderachse mit Vorderrädern,

 eine Hinterachse mit Hinterrädern,

 ein Steer-by-Wire-Lenksystem und

 ein Torque-Vectoringsystem umfasst,

wobei die Vorderräder und die Hinterräder jeweils durch eine Lenkstange verbunden und lenkbar sind,

mit den folgenden Schritten:

- Überprüfen des Lenksystems auf Vorliegen eines Fehlerzustandes,
- Durchführen des Notlenkbetriebs zur Beibehaltung des ursprünglichen Fahrzeugverhaltens, wenn ein Fehlerzustand detektiert wird,

wobei im Notlenkbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden:

- Bestimmen der Soll-Querbeschleunigung
- Bestimmen des Giermoments
- Bestimmen eines Korrektur-Vorderradlenkwinkels $\Delta\delta_f$ ~~und~~ ODER eines Korrektur-Hinterradlenkwinkels $\Delta\delta_r$ und
- Bestimmen der Antriebsmomente und/oder Bremsmomente für die Vorderräder und die Hinterräder die durch das Torque-Vectoringsystem entsprechend verteilt werden

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich somit von dem bekannten Verfahren dadurch, dass das Verfahren weiter die folgenden Schritten umfasst:

- [Bestimmen der Soll-Querbeschleunigung] basierend auf der Ist-Lenkradstellung und der Ist-Fahrzeuggeschwindigkeit,

- [Bestimmen des Giermoments] und

 daraus eines allgemeinen Radlenkwinkels δ_g für das ursprüngliche Fahrzeugverhalten, wobei für den allgemeinen Radlenkwinkel δ_g gilt

$$\delta_g = \delta_f - \delta_r$$

δ_g - allgemeiner Radlenkwinkel

δ_f - Vorderradlenkwinkel

δ_r - Hinterradlenkwinkel

- Bestimmen eines Korrektur-Vorderradlenkwinkels $\Delta\delta_f$ UND eines Korrektur-Hinterradlenkwinkels $\Delta\delta_r$

und ist daher neu.

Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann darin gesehen werden, das ursprüngliche Fahrverhalten im Notlenkbetrieb möglichst genau zu reproduzieren.

Die in Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht aus den folgenden Gründen auf einer erfinderischen Tätigkeit: das Berechnen von einem "allgemeinen Radlenkwinkels" und Bestimmen von Korrektur Vorder- und Hinterradlenkwinkels wird nicht, in einem ähnlichen Kontext, im Stand der Technik nahegelegt.

- 2 Die gleiche Begründung gilt entsprechend für den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 8, der deshalb ebenfalls als neu/erfinderisch betrachtet werden kann.
- 3 Die Ansprüche 2-7 sind vom Anspruch 1 abhängig (und 9 von 8) und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse in Bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

- 4 Der unabhängige Anspruch 1 (8) ist nicht in der zweiteiligen Form abgefasst. Im vorliegenden Fall erscheint die Zweiteilung jedoch zweckmäßig. Folglich sollten die in Verbindung miteinander aus dem Stand der Technik bekannten Merkmale im Oberbegriff zusammengefasst und die übrigen Merkmale im kennzeichnenden Teil aufgeführt werden.