



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

(11) 1032017 B1

(47) Erteilungsdatum : 28/04/2025

(12) BELGISCHES ERFINDUNGSPATENT

(47) Veröffentlichungsdatum : 28/04/2025

(21) Antragsnummer : BE2023/5804

(22) Anmeldetag : 29/09/2023

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

(51) Internationale Klassifikation : B62D 5/00, B62D 15/02

(30) Prioritätsangaben :

(73) Inhaber :

thyssenkrupp Presta AG
AG
9492, ESCHEN
Liechtenstein

thyssenkrupp AG
AG
45143, ESSEN
Deutschland

(72) Erfinder :

ARÁNYI Miklós
9445 REBSTEIN
Schweiz

SZEPESSY Imre
9493 MAUREN
Liechtenstein

(54) Steer-by-Wire-Lenksystem, Kraftfahrzeug und Verfahren zum Bestimmen eines absoluten Lenkwinkels

Fig. 2

Steer-by-Wire-Lenksystem, Kraftfahrzeug und Verfahren zum Bestimmen eines absoluten Lenkwinkels

Die Erfindung betrifft ein Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug, ein
5 Kraftfahrzeug und ein Verfahren zum Bestimmen eines absoluten Lenkwinkels in einem
Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug.

Bei einem Steer-by-Wire-Lenksystem sind die gelenkten Räder und das Lenkrad nicht
mechanisch, sondern elektrisch gekoppelt. Die gelenkten Räder werden durch
10 Lenksignale gesteuert. Dabei wird die jeweilige Lenkradstellung von einem
Lenkwinkelsensor erfasst. Das entsprechende Lenksignal bewirkt, dass ein Lenksteller
die Stellung der gelenkten Räder ändert. Um trotz der fehlenden mechanischen
Verbindung zwischen Lenkrad und gelenkten Rädern ein realistisches Lenkgefühl zu
erzeugen, kann ein Steer-by-Wire-Lenksystem einen Feedback-Aktuator aufweisen,
15 der einen angemessenen Widerstand beim Lenkbewegungen erzeugt.

Die korrekte Funktionsweise eines Steer-by-Wire-Lenksystems setzt dabei die
Bestimmung des absoluten Lenkwinkels voraus. Unter dem absoluten Lenkwinkel wird
hierbei der Winkel des Lenkrads bzw. der damit verbundenen Lenkwelle über mehrere
20 Umdrehungen hinweg verstanden. Im Gegensatz zu einem relativen Lenkwinkel, der in
einem Bereich von $\pm 360^\circ$ liegt, hat ein absoluter Lenkwinkel also einen größeren
Wertebereich, beispielsweise von bis zu $\pm 720^\circ$.

Zudem ist für Anwendungen im Bereich des (teil-)autonomen Fahrens häufig eine
25 sogenannte „True-Power-On“-Funktionalität des Lenkwinkelsensors erforderlich, die
bewirkt, dass der absolute Lenkwinkel bereits beim Systemstart detektiert werden
kann, ohne, dass hierzu erst Lenkbewegungen durchgeführt werden müssen.

Aufgrund des hoch sicherheitskritischen Charakters eines Steer-by-Wire-Lenksystems,
30 ist es erforderlich, den absoluten Lenkwinkel zuverlässig und präzise bestimmen zu
können. Diesbezügliche Anforderungen an das System werden durch die ASIL-
Klassifikation vorgegeben. Die ASIL-Klassifikation (Automotive Safety Integrity Level)
ist ein in der ISO 26262 definiertes Schema zur Klassifikation des Risikos, das von
Systemkomponenten eines Fahrzeugs ausgeht. Dabei werden typischerweise
35 Komponenten, die im Zusammenhang mit dem Lenksystem des Fahrzeugs stehen, der
höchsten Stufe (ASIL-D) zugeordnet.

Im Stand der Technik sind Lösungen bekannt, bei denen die Winkel mehrerer miteinander verbundener, drehbarer Körper gemessen werden, um den absoluten Lenkwinkel zu bestimmen. Beispielsweise ist aus der DE 195 06 938 A1 eine Vorrichtung bekannt, bei welcher der Körper, dessen absoluter Drehwinkel bestimmt werden soll, mit zwei Zahnrädern zusammenwirkt. Die Drehwinkel beider Zahnräder können über zwei entsprechende Drehwinkelsensoren gemessen werden. Aus den so erfassten Drehwinkeln und dem Verhältnis der Zähnezahlen der beiden Zahnräder kann der absolute Drehwinkel des Körpers eindeutig bestimmt werden.

Um eine wie vorstehend beschriebene Vorrichtung zum Messen des absoluten Lenkwinkels in einem Steer-by-Wire-Lenksystem gemäß den in ASIL-D formulierten Anforderungen umzusetzen, sind jedoch zusätzliche Maßnahmen erforderlich. So ergibt sich bereits aus den Anforderungen gemäß ASIL-B, dass jeder der erfassten Drehwinkel nicht durch einen einzigen, sondern durch zwei entsprechende Sensoren erfasst werden, deren Sensorwerte untereinander abgeglichen werden. Somit wären vier Drehwinkelsensoren erforderlich, deren Signale an ein entsprechendes Steuergerät übertragen werden müssen. Dies erhöht die Komplexität der Schnittstelle am Steuergerät und die Auslastung des Kommunikationswegs im Fahrzeug.

Des Weiteren wird im Stand der Technik in der DE 10 2009 039 764 B4 ein System zur Ermittlung des vom Fahrer vorgegebenen Lenkwinkels in einem Lenksystem beschrieben. Das System verwendet einen Elektromotor mit einem Motorlagesensor und einer Torsionsstab-Messvorrichtung. Unter Nutzung des Motorlagesensors und der Messvorrichtung wird der Lenkwinkel basierend auf dem Nonius-Prinzip bestimmt, ohne dass ein separater Lenkwinkelsensor am Lenkrad benötigt wird.

Zudem offenbart die DE 10 2009 017 054 A1 eine Lenksäule für Steer-by-Wire-Systeme eines Kraftfahrzeugs. Die Lenksäule umfasst eine Lenkspindel, die in zwei Teile unterteilt ist, die relativ zueinander verschiebbar sind. Eines der Lenkspindelteile bildet dabei die Aktuatorwelle eines Feedback-Aktuators. Ein Sensor erfasst dabei die Drehwinkelstellung des Lenkrades und übermittelt diese an eine Auswerteeinheit, die den Feedback-Aktuator steuert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes Steer-by-Wire-Lenksystem anzugeben, welches dazu ausgebildet ist, den absoluten Lenkwinkel bei Systemstart zu bestimmen. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zu Grunde, ein

entsprechendes Kraftfahrzeug und ein Verfahren zum Bestimmen eines absoluten Lenkwinkels anzugeben.

Unter dem absoluten Lenkwinkel wird hierbei der Winkel des Lenkrads bzw. der damit verbundenen Lenkwelle über mehrere Umdrehungen hinweg verstanden. Im Gegensatz zu einem relativen Lenkwinkel, der in einem Bereich von $\pm 360^\circ$ liegt, hat ein absoluter Lenkwinkel also einen größeren Wertebereich, beispielsweise von bis zu $\pm 720^\circ$.

Unter der Bestimmung des (absoluten) Lenkwinkels bei Systemstart kann die bereits erwähnt „True-Power-On“-Funktionalität verstanden werden. Hier kann der (absolute) Lenkwinkel bereits beim Systemstart detektiert werden, ohne, dass erst Lenkbewegungen durchgeführt werden müssen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe im Hinblick auf das Steer-by-Wire-Lenksystem durch den Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst. Mit Hinblick auf das Kraftfahrzeug bzw. das Verfahren wird die Aufgabe durch die Gegenstände der Ansprüche 8 und 9 gelöst.

Konkret wird die Aufgabe durch ein Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug gelöst. Das Steer-by-Wire-Lenksystem weist eine Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung, einen Feedback-Aktuator und einen Rad-Aktuator auf.

Dabei weist die Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung das Folgende auf:

- ein erstes Zahnrad, das direkt mit einem Lenkrad des Kraftfahrzeugs verbunden ist;
- ein zweites Zahnrad, das mit dem ersten Zahnrad in Eingriff steht; und
- mindestens zwei erste Drehwinkelsensoren, die dazu ausgebildet sind, einen Drehwinkel des zweiten Zahnrads zu detektieren.

Unter „direkt verbunden“ wird im Kontext dieser Erfindung verstanden, dass die jeweiligen Körper derart miteinander gekoppelt sind, dass eine Umdrehung des einen Körpers exakt einer Umdrehung des anderen Körpers entspricht.

Der Feedback-Aktuator weist das Folgende auf:

- einen Servomotor mit einer Motorwelle und einem daran befestigten Magneten, wobei die Motorwelle direkt mit dem ersten Zahnrad verbunden ist;
- mindestens zwei zweite Drehwinkelsensoren, die dazu ausgebildet sind, einen Drehwinkel der Motorwelle mittels des Magneten zu detektieren; und

- ein Feedback-Aktuator-Steuergerät, das dazu ausgebildet ist, Sensorsignale der mindestens zwei zweiten Drehwinkelsensoren zu empfangen.

Der Rad-Aktuator weist ein Rad-Aktuator-Steuergerät auf, das mit dem Feedback-Aktuator-Steuergerät kommunikativ verbunden ist und dazu ausgebildet ist, basierend auf Sensorwerten der mindestens zwei ersten Drehwinkelsensoren und den Sensorwerten der mindestens zwei zweiten Drehwinkelsensoren einen absoluten Lenkwinkel zu berechnen.

Das erfindungsgemäße Steer-by-Wire-Lenksystem hat den Vorteil, dass in der Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung kein Paar von Drehwinkelsensoren am ersten Zahnrad erforderlich ist, damit aus dem Drehwinkel des ersten Zahnrads und dem Drehwinkel des zweiten Zahnrads der absolute Lenkwinkel bestimmt werden kann. Stattdessen werden mindestens zwei zweite Drehwinkelsensoren des Feedback-Aktuators genutzt, um einen Drehwinkel der Motorwelle zu bestimmen, die von dem Servomotor des Feedback-Aktuators angetrieben wird. Dabei ist die Motorwelle direkt mit dem ersten Zahnrad verbunden, welches wiederum direkt mit dem Lenkrad verbunden ist. Somit entspricht eine Umdrehung des Lenkrads exakt einer Umdrehung der Motorwelle des Servomotors im Feedback-Aktuator. Das Rad-Aktuator-Steuergerät ist dabei dazu ausgebildet, den absoluten Lenkwinkel auf der Basis der folgenden Drehwinkel zu bestimmen: dem Drehwinkel des zweiten Zahnrads der Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung, der durch die mindestens zwei ersten Drehwinkelsensoren bestimmt wird; und dem Drehwinkel der Motorwelle des Feedback-Aktuators, der von den mindestens zwei zweiten Drehwinkelsensoren bestimmt wird.

Indem Drehwinkelsensoren bzw. Rotor-Positionssensoren des Feedback-Aktuators zur Bestimmung des absoluten Drehwinkels genutzt werden, kann also auf zusätzliche Sensoren im Bereich der Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung verzichtet werden.

Durch die Verwendung redundanter Sensoren zur Erfassung der Drehwinkel (jeweils mindestens zwei Drehwinkelsensoren) ist das erfindungsgemäße Steer-by-Wire-Lenksystem dazu geeignet, die Anforderungen gemäß ASIL-B zu erfüllen. Eine entsprechende Auslegung des Rad-Aktuator-Steuergeräts vorausgesetzt, kann das Steer-by-Wire-Lenksystem die Anforderungen gemäß ASIL-D erfüllen.

Bevorzugte Ausführungsformen des Steer-by-Wire Systems sind in den entsprechenden Unteransprüchen angegeben.

Vorzugsweise ist das Feedback-Aktuator-Steuergerät dazu ausgebildet, den absoluten Lenkwinkel nach dem Nonius-Prinzip (bzw. Vernier-Prinzip) zu berechnen. Hierbei wird der absolute Drehwinkel auf Grundlage der folgenden Größen bestimmt:

- der erfasste Drehwinkels am zweiten Zahnrad;
- der erfasste Drehwinkels der Motorwelle am Servomotor (entspricht dem Drehwinkel des ersten Zahnrad); und
- dem (feststehenden) Übersetzungsverhältnis zwischen dem ersten und dem zweiten Zahnrad.

Auf diese Weise kann der absolute Lenkwinkel mit hoher Präzision berechnet werden. Zudem wird die True-Power-On-Funktionalität gewährleistet, d.h. der absolute Lenkwinkel kann beim Systemstart berechnet werden, ohne, dass Lenkbewegungen zum Einstellen der Sensoren erforderlich sind.

Vorzugsweise kann das Feedback-Aktuator-Steuergerät und/oder das Rad-Aktuator-Steuergerät mindestens zwei, vorzugsweise identische, Steuergeräteeinheiten aufweisen. Bevorzugt werden beide Steuergeräteeinheiten unabhängig voneinander mit Strom versorgt. Auf diese Weise kann das jeweilige Steuergerät zwei redundante Einheiten aufweisen, die funktional identisch sind. Beispielsweise kann dabei eine erste Einheit mit einem ersten der mindestens zwei Drehwinkelsensoren verbunden sein und eine zweite Einheit mit einem zweiten der mindestens zwei Drehwinkelsensoren. Durch einen solchen Aufbau wird die Ausfallsicherheit des Steuergeräts erhöht und es können Anforderungen gemäß ASIL eingehalten werden.

Vorzugsweise sind die mindestens zwei ersten Drehwinkelsensoren mit dem Rad-Aktuator-Steuergerät über einen SENT-Bus kommunikativ verbunden sind. SENT (Single Edge Nibble Transmission) ist eine digitale serielle Schnittstelle. Ein SENT-Bus bietet eine einfache Möglichkeit, Sensordaten zwischen Sensoren und Steuergeräten mit hoher Präzision zu übertragen.

Vorzugsweise ist das Feedback-Aktuator-Steuergerät mit dem Rad-Aktuator-Steuergerät über einen CAN-Bus kommunikativ verbunden. Ein CAN-Bus (Controller Area-Network) ist ein weit verbreitetes Bussystem zur Kommunikation von Steuergeräten im Fahrzeug. Dies hat den Vorteil, dass die Steuergerätekommunikation des Steer-by-Wire-Lenksystems mittels Standardlösungen implementiert werden kann.

Konkret wird die Aufgabe ferner durch ein Kraftfahrzeug mit einem Steer-by-Wire-Lenksystem wie vorstehend beschrieben gelöst.

5 Darüber hinaus wird die Aufgabe konkret durch ein Verfahren zum Bestimmen eines absoluten Lenkwinkels in einem Steer-by-Wire-Lenksystem wie vorstehend beschrieben gelöst. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Erfassen eines ersten Drehwinkels des zweiten Zahnrads;
- 10 - Erfassen eines zweiten Drehwinkels der Motorwelle;
- Berechnen eines absoluten Lenkwinkels basierend auf dem ersten Drehwinkel und dem zweiten Drehwinkel.

Die im Zusammenhang mit dem Steer-by-Wire-Lenksystem genannten Vorteile gelten
15 in entsprechender Weise auch für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug und das Verfahren. Die in diesem Zusammenhang beschriebenen Merkmale werden auch im Zusammenhang mit dem Kraftfahrzeug und dem Verfahren offenbart und andersherum. Insbesondere ist das Verfahren dazu geeignet, die Berechnung des absoluten Lenkwinkels in dem Steer-by-Wire-Lenksystem durchzuführen. Andersherum ist das
20 Steer-by-Wire-Lenksystem dazu ausgebildet, die entsprechenden Verfahrensschritte durchzuführen.

Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens sind in den entsprechenden Unteransprüchen angegeben.

25

Vorzugsweise erfolgt das Berechnen des absoluten Lenkwinkels nach dem Nonius-Prinzip (bzw. Vernier-Prinzip). Dies bietet den Vorteil, dass der absolute Lenkwinkel mit hoher Präzision berechnet wird. Zudem setzt das Berechnungsverfahren keine Referenz-Lenkbewegungen voraus, sodass eine True-Power-On-Funktionalität
30 umgesetzt werden kann.

Vorzugsweise umfasst das Berechnen des absoluten Lenkwinkels die Addition eines Mittenpositions-Versatzwertes und/oder eines horizontalen Lenkrad-Versatzwertes. Auf diese Weise können zusätzliche Parameter des Lenksystems berücksichtigt werden,
35 was die Präzision des berechneten absoluten Lenkwinkels weiter erhöht.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezug auf die beigefügten schematischen Figuren mit weiteren Einzelheiten näher erläutert.

Dabei zeigen

5

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Steer-by-Wire-Lenksystems gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 2 eine schematische Ansicht des erfindungsgemäßen Steer-by-Wire-Lenksystems gemäß einem Ausführungsbeispiel in höherem Detailgrad; und

10 Fig. 3 eine schematische Ansicht der Kommunikationsverbindungen in dem erfindungsgemäßen Steer-by-Wire-Lenksystem gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Figur 1 zeigt einige Komponenten eines erfindungsgemäßen Steer-by-Wire-Lenksystems gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Komponenten des Lenksystems werden beschrieben, soweit diese für das Verständnis erforderlich sind.

15

Das Steer-by-Wire-Lenksystem hat ein Lenkrad 11, das über eine Lenkwelle mit einer Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung 10 und einem Feedback-Aktuator 7 verbunden ist.

20

Ferner weist das Steer-by-Wire-Lenksystem einen Rad-Aktuator 9 mit einem Steuergerät auf, das kommunikativ mit einem Steuergerät des Feedback-Aktuators 7 verbunden ist und ferner dazu ausgebildet ist, Sensorwerte der Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung 10 zu empfangen.

25

Das Steuergerät des Rad-Aktuators 9 ist dazu ausgebildet, den absoluten Lenkwinkel, der von einem Fahrer am Lenkrad 11 eingestellt wird, zu berechnen und zur Lenkung des Fahrzeugs die Zahnstange 17 entsprechend anzutreiben.

30

Die Erfindung ist nicht auf Lenkräder eingeschränkt, sondern allgemein auf Lenkorgane anwendbar, also auch auf andere Lenker, wie Handlebars. Ebenso sind neben dem vorstehend beschriebenen Lenkrad allgemein Lenkorgane umfasst. Die Erfindung ist auch nicht auf die Schnittstelle Mensch-Maschine eingeschränkt, sondern umfasst auch Lenksysteme, die ein autonomes Fahren ermöglichen.

35

Figur 2 zeigt einige Komponenten des erfindungsgemäßen Steer-by-Wire-Lenksystems gemäß einem Ausführungsbeispiel, insbesondere die Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung 10, den Feedback-Aktuator 7 und den Radaktuator 9 in höherem Detailgrad.

5

So weist die Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung 10 ein erstes Zahnrad 1 auf, welches direkt mit dem Lenkrad 11 verbunden ist, beispielsweise über eine Lenkwelle. Auf diese Weise entspricht eine Umdrehung des Lenkrads 11 exakt einer Umdrehung des ersten Zahnrads 1. Ferner weist die Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung 10 ein
10 zweites Zahnrad 2 auf, das mit dem ersten Zahnrad 1 im Eingriff steht und eine kleinere Zähnezahl als das erste Zahnrad 1 aufweist. Das erste Zahnrad 1 und das zweite Zahnrad 2 bilden somit ein Getriebe mit festem Übersetzungsverhältnis. An dem zweiten Zahnrad 2 sind zwei Drehwinkelsensoren 3a, 3b angeordnet, die eine Stellung bzw. den Drehwinkel des zweiten Zahnrads 2 messen. Die Drehwinkelsensoren 3a, 3b
15 können beispielsweise magnetbasiert arbeiten.

Der Feedback-Aktuator 7 weist einen Servomotor mit einer Motorwelle 5 auf, welche direkt mit dem ersten Zahnrad 1 verbunden ist. Somit entspricht eine Umdrehung des ersten Zahnrads 1 (bzw. des Lenkrads 11) exakt einer Umdrehung der Motorwelle 5.
20 Mittels eines Magneten (nicht dargestellt), der an der Motorwelle 5 befestigt ist, können die Rotorpositionssensoren bzw. Drehwinkelsensoren 6a, 6b den Drehwinkel der Motorwelle 5 detektieren. Das Feedback-Aktuator-Steuergerät 71 empfängt die Sensorwerte der Drehwinkelsensoren 6a, 6b.

25 Der Rad-Aktuator 9 weist ein Rad-Aktuator-Steuergerät 91 auf, welches über einen SENT-Bus 4 mit den ersten Drehwinkelsensoren 3a, 3b der Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung 10 verbunden ist, sowie ferner über einen CAN-Bus 8 mit dem Feedback-Aktuator-Steuergerät 71 verbunden ist. Auf diese Weise kann das Radaktuator-Steuergerät 91 die Sensorwerte der Drehwinkelsensoren 3a, 3b und 6a,
30 6b empfangen und basierend darauf sowie auf dem festen Übersetzungsverhältnis der Zahnräder 1, 2 den absoluten Lenkwinkel berechnen.

Figur 3 zeigt schematische Ansicht der Kommunikationsverbindungen in einem erfindungsgemäßen Steer-by-Wire-Lenksystem gemäß einem Ausführungsbeispiel. In
35 dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind redundante Einheiten, Kommunikationsverbindungen und Stromversorgungseinheiten für die beteiligten Steuergeräte vorgesehen sind.

Konkret wird das Feedback-Aktuator-Steuergerät aus zwei redundanten Einheiten 71a, 71b gebildet. Die Feedback-Aktuator-Steuergeräteeinheit 71a wird von der Stromversorgungseinheit 20a mit Strom versorgt und empfängt die Sensorwerte des ersten Drehwinkelsensors 6a. Die Feedback-Aktuator-Steuergeräteeinheit 71b wird von der Stromversorgungseinheit 20b, die unabhängig von der Stromversorgungseinheit 20a ist, mit Strom versorgt und empfängt die Sensorwerte des ersten Drehwinkelsensors 6b.

Das Rad-Aktuator-Steuergerät wird aus zwei redundanten Einheiten 91a, 91b gebildet. Die Rad-Aktuator-Steuergeräteeinheit 91a wird von der Stromversorgungseinheit 20a mit Strom versorgt und ist über den CAN-Bus 8a mit der Feedback-Aktuator-Steuergeräteeinheit 71a verbunden, um die Sensorwerte des ersten Drehwinkelsensor 6a zu empfangen. Die Rad-Aktuator-Steuergeräteeinheit 91b wird von der Stromversorgungseinheit 20b mit Strom versorgt und ist über den CAN-Bus 8b mit der Feedback-Aktuator-Steuergeräteeinheit 71b verbunden, um die Sensorwerte des ersten Drehwinkelsensors 6b zu empfangen.

Durch die redundante Auslegung der Steuergeräteeinheiten, Sensoren und Kommunikationswege sowie der unabhängigen Stromversorgungen bietet das Steer-by-Wire-Lenksystem eine erhöhte Ausfallsicherheit, insbesondere im Hinblick auf die Anforderungen gemäß ASIL-B bzw. ASIL-D.

Bezugszeichenliste

	1	erstes Zahnrad
	2	zweites Zahnrad
	3a, 3b	erste Drehwinkelsensoren
5	4	SENT-Bus
	5	Motorwelle
	6a, 6b	zweite Drehwinkelsensoren
	7	Feedback-Aktuator
	8	CAN-Bus
10	9	Rad-Aktuator
	10	Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung
	11	Lenkrad
	12	Zahnstange
	20a, 20b	Stromversorgungen
15	71	Feedback-Aktuator-Steuergerät
	71a, 71b	Feedback-Aktuator-Steuergeräteeinheiten
	91	Rad-Aktuator-Steuergerät
	91a, 91b	Rad-Aktuator-Steuergeräteeinheiten

Ansprüche

1. Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug,
wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem eine Lenkradwinkel-
5 Detektionsvorrichtung (10), einen Feedback-Aktuator (7) und einen Rad-
Aktuator (9) aufweist,
wobei die Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung (10) das Folgende aufweist:
 - ein erstes Zahnrad (1), das direkt mit einem Lenkrad (11) des
Kraftfahrzeugs verbunden ist;
 - 10 - ein zweites Zahnrad (2), das mit dem ersten Zahnrad (1) in Eingriff steht;
und
 - mindestens zwei erste Drehwinkelsensoren (3a, 3b), die dazu ausgebildet
sind, einen Drehwinkel des zweiten Zahnrads (2) zu detektieren,
wobei der Feedback-Aktuator (7) das Folgende aufweist:
 - 15 - einen Servomotor mit einer Motorwelle (5) und einem daran befestigten
Magneten, wobei die Motorwelle (5) direkt mit dem ersten Zahnrad (1)
verbunden ist;
 - mindestens zwei zweite Drehwinkelsensoren (6a, 6b), die dazu ausgebildet
sind, einen Drehwinkel der Motorwelle (5) mittels des Magneten zu
20 detektieren; und
 - ein Feedback-Aktuator-Steuergerät (71), das dazu ausgebildet ist,
Sensorsignale der mindestens zwei zweiten Drehwinkelsensoren (6a, 6b) zu
empfangen,
wobei der Rad-Aktuator (9) ein Rad-Aktuator-Steuergerät (91) aufweist, das
25 mit dem Feedback-Aktuator-Steuergerät (71) kommunikativ verbunden ist und
dazu ausgebildet ist, basierend auf Sensorwerten der mindestens zwei ersten
Drehwinkelsensoren (3a, 3b) und den Sensorwerten der mindestens zwei
zweiten Drehwinkelsensoren (6a, 6b) einen absoluten Lenkwinkel zu
berechnen.
- 30
2. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Feedback-Aktuator-Steuergerät (71) dazu ausgebildet ist, den absoluten
Lenkwinkel nach dem Nonius-Prinzip zu berechnen.
- 35
3. Steer-by-Wire-Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

das Feedback-Aktuator-Steuergerät (71) und/oder das Rad-Aktuator-Steuergerät (91) mindestens zwei, vorzugsweise identische, Steuergeräteeinheiten aufweist, die vorzugsweise unabhängig mit Strom versorgt werden.

5

4. Steer-by-Wire-Lenksystem nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei ersten Drehwinkelsensoren (3a, 3b) mit dem Rad-Aktuator-Steuergerät (91) über einen SENT-Bus (4) kommunikativ verbunden sind.

10

5. Steer-by-Wire-Lenksystem nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Feedback-Aktuator-Steuergerät (71) mit dem Rad-Aktuator-Steuergerät (91) über einen CAN-Bus (8) kommunikativ verbunden ist.

15

6. Kraftfahrzeug mit Steer-by-Wire-Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

7. Verfahren zum Bestimmen eines absoluten Lenkwinkels in einem Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug,

20

wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem eine Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung (10), einen Feedback-Aktuator (7) und einen Rad-Aktuator (9) aufweist,

wobei die Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung (10) das Folgende aufweist:

- ein erstes Zahnrad (1), das direkt mit einem Lenkrad (11) des Kraftfahrzeugs verbunden ist;

25

- ein zweites Zahnrad (2), das mit dem ersten Zahnrad (1) in Eingriff steht; und
- mindestens zwei erste Drehwinkelsensoren (3a, 3b), die dazu ausgebildet sind, einen Drehwinkel des zweiten Zahnrads (2) zu detektieren,

wobei der Feedback-Aktuator (7) das Folgende aufweist:

- einen Servomotor mit einer Motorwelle (5) und einem daran befestigten Magneten, wobei die Motorwelle (5) direkt mit dem ersten Zahnrad (1) verbunden ist;

30

- mindestens zwei zweite Drehwinkelsensoren (6a, 6b), die dazu ausgebildet sind, einen Drehwinkel der Motorwelle (5) mittels des Magneten zu detektieren; und

35

- ein Feedback-Aktuator-Steuergerät (71), das dazu ausgebildet ist, Sensorsignale der mindestens zwei zweiten Drehwinkelsensoren (6a, 6b) zu empfangen,

wobei der Rad-Aktuator (9) ein Rad-Aktuator-Steuergerät (91) aufweist, das mit dem Feedback-Aktuator-Steuergerät (71) kommunikativ verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Erfassen eines ersten Drehwinkels des zweiten Zahnrads (2);
- Erfassen eines zweiten Drehwinkels der Motorwelle (5);
- Berechnen eines absoluten Lenkwinkels basierend auf dem ersten Drehwinkel und dem zweiten Drehwinkel.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Berechnen des absoluten Lenkwinkels nach dem Nonius-Prinzip erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei das Berechnen des absoluten Lenkwinkels die Addition eines Mittenpositions-Versatzwertes und/oder eines horizontalen Lenkrad-Versatzwertes umfasst.

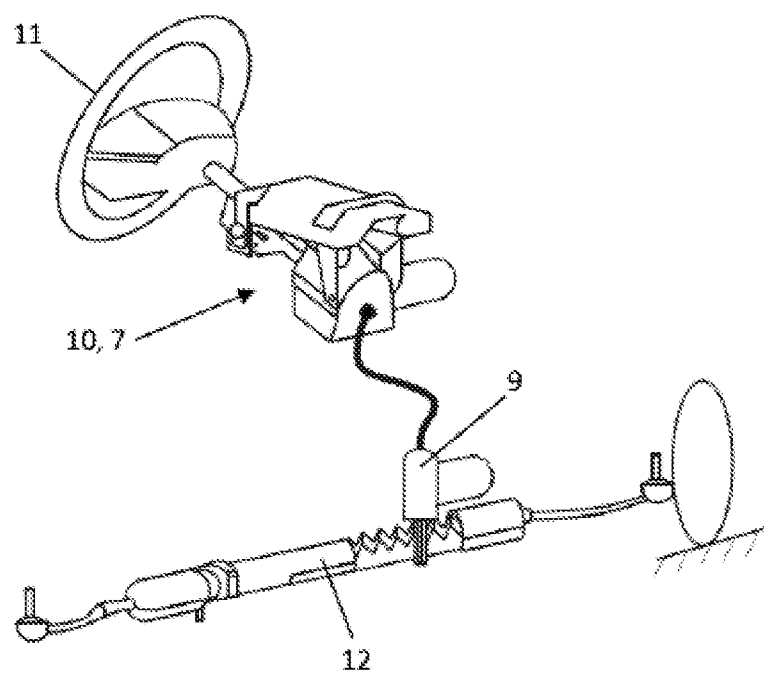


Fig. 1

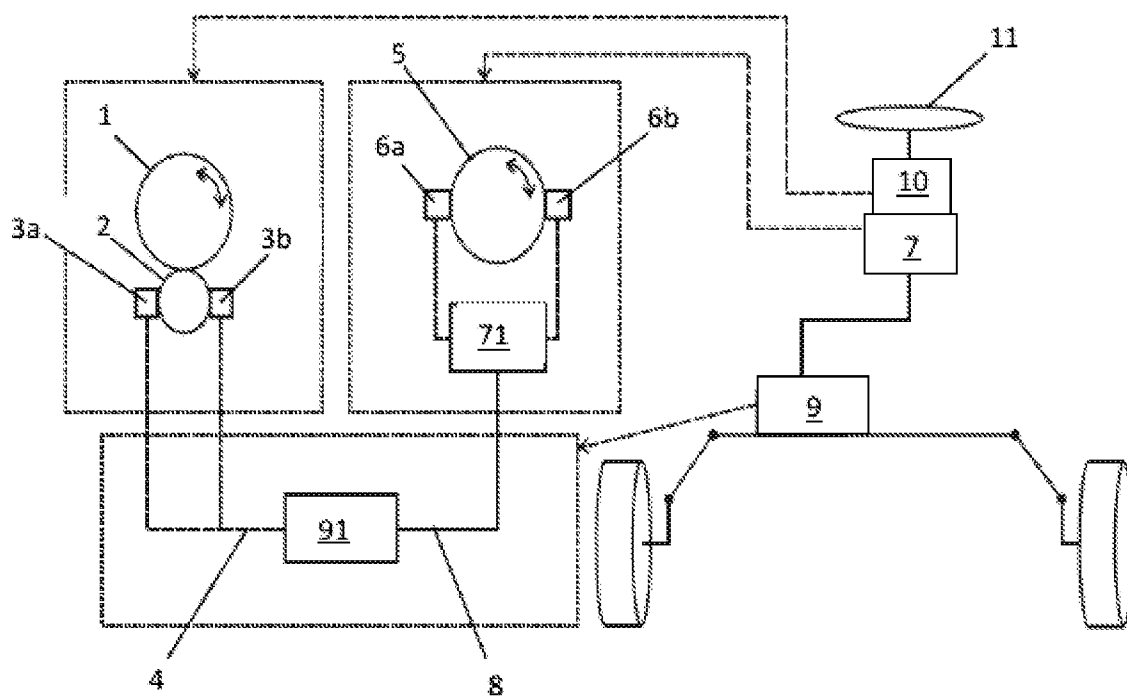
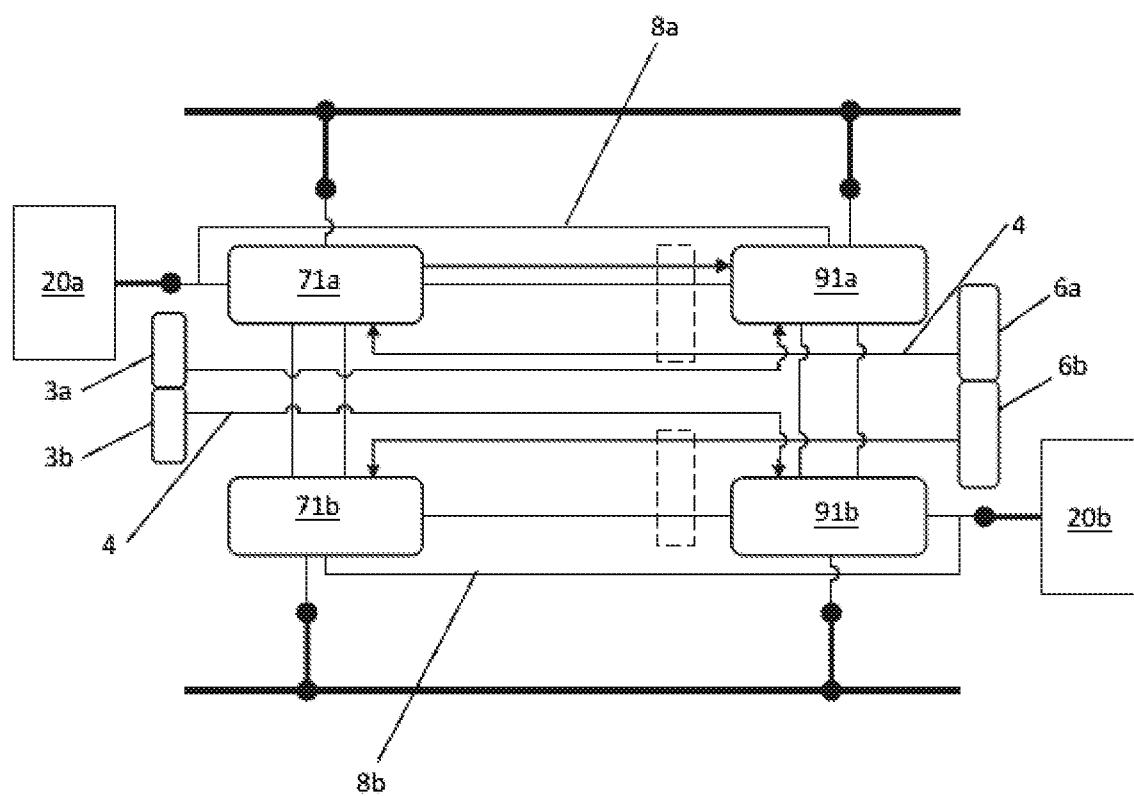


Fig. 2

**Fig. 3**

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
	221449P00BE
Nationales Aktenzeichen	Anmeldedatum
202305804	29-09-2023
Anmeldeland	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name)	
thyssenkrupp Presta 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
04-11-2023	SN85037
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 202305804

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B62D5/00 B62D15/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE 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 VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2009 039764 B4 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 29. April 2021 (2021-04-29) * Absätze [0006], [0008], [0012] - [0017]; Abbildungen * -----	1-9
A	DE 10 2009 017054 A1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG [DE]; WILLI ELBE GELENKWELLEN GMBH & [DE]) 7. Oktober 2010 (2010-10-07) * Absätze [0017], [0018], [0025], [0026]; Abbildung * -----	1
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" 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
9. April 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 Kulozik, Ehrenfried

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 202305804

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009039764 B4	29-04-2021	KEINE	
DE 102009017054 A1	07-10-2010	DE 102009017054 A1	07-10-2010
		EP 2414211 A1	08-02-2012
		WO 2010112512 A1	07-10-2010



SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr. SN85037	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 29.09.2023	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Anmeldung Nr. BE202305804
Internationale Patentklassifikation (IPK) INV. B62D5/00 B62D15/02			
Anmelder thyssenkrupp Presta 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 Kulozik, Ehrenfried
--	-------------------------------

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. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung

Es wurde festgestellt, dass die Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

siehe Beiblatt

Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

siehe Beiblatt

- 1 Es wird auf folgende Dokumente verwiesen:
- D1 DE 10 2009 039764 B4 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 29. April 2021 (2021-04-29)
- D2 DE 10 2009 017054 A1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG [DE]; WILLI ELBE GELENKWELLEN GMBH & [DE]) 7. Oktober 2010 (2010-10-07)

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

- 2 Der Anspruch 2 ist nicht klar.
- 2.1 Im vorliegenden Anspruch 2 wird gefordert, dass "das Feedback-Aktuator-Steuergerät (71) dazu ausgebildet ist, den absoluten Lenkwinkel nach dem Nonius-Prinzip zu berechnen". Dieses Merkmal wird in der Beschreibung nicht genannt, mit Ausnahme des einleitenden Teils der Beschreibung (Seite 4, Zeilen 26 und 27), der sich auf eine Wiedergabe der (zusätzlichen) Merkmale der Ansprüche bezieht. Somit wird Anspruch 2 nicht durch die (detaillierte) Beschreibung gestützt.
- Der durch den vorliegenden Anspruch 2 geforderte Gegenstand ist auch gar nicht möglich, da das Nonius-Prinzip zwei unterschiedliche, aber miteinander gekoppelte Messwerte erfordert, die dem genannten "Feedback-Aktuator-Steuergerät" gar nicht zugeführt werden, da dieser lediglich die Signale der Rotorlagesensoren, der "zweiten Drehwinkelsensoren (6a, 6b)", des Feedback-Motors erhält, aber nicht die Signale der Lenkspindeldrehwinkelsensoren, der "ersten Drehwinkelsensoren (3a, 3b)" (siehe Anspruch 1 und Fig. 2).
- Lediglich dem "Rad-Aktuator-Steuergerät" werden alle notwendigen Daten zur Bestimmung des "absoluten Lenkwinkels" "nach dem Nonius-Prinzip" zugeführt.
- 2.2 Der Recherchenbericht und diese Stellungnahme wurden unter der Annahme erstellt, dass anstelle des im vorliegenden Anspruch 2 genannten "Feedback-Aktuator-Steuergerät (71)" das im Anspruch 1 genannte "Rad-Aktuator-Steuergerät (91)" gemeint ist. Dies wird durch die detaillierte Beschreibung und die Figuren, insbesondere Figur 1, gestützt.

Zu Punkt V

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

3 Als einleitende Bemerkung sei festgehalten, dass der in den Ansprüchen und der Beschreibung gebrauchte Ausdruck "direkt verbunden" so interpretiert worden ist, wie es in der vorliegenden Beschreibung auf Seite 3, Zeilen 16 bis 18 dargestellt ist, nämlich dass eine Umdrehung des einen genannten Bauteils einer Umdrehung des anderen genannten Bauteils entspricht. Dies bedeutet zum Beispiel, dass der mit dem Lenkrad verbundene Teil des Lenkspindel gleichzeitig die Rotorwelle des Feedback-Motors ist.

4 Das Dokument D1, siehe insbesondere die im Recherchenbericht genannten Stellen unter besonderer Berücksichtigung des Absatzes [0016], wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche 1 und 7 angesehen.

4.1 Dieses Dokument offenbart in Bezug auf unabhängigen Anspruch 1 ein (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument)

Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug, wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem eine Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung, einen Feedback-Aktuator (6) und einen Rad-Aktuator (9) aufweist, wobei die Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung das Folgende aufweist:

- ein erstes Zahnrad (Teil des Riementriebs "5"), das direkt mit einem Lenkrad (1) des Kraftfahrzeugs verbunden ist;
- ein zweites Zahnrad, das mit dem ersten Zahnrad in Eingriff steht (über den Riemen des Riementriebs "5"); und
- ~~mindestens zwei erste~~ *einen ersten* Drehwinkelsensoren (22), ~~die der~~ dazu ausgebildet ~~sind~~ ist, einen Drehwinkel des ~~zweiten ersten~~ Zahnrads zu detektieren, wobei der Feedback-Aktuator (6) das Folgende aufweist:
 - einen Servomotor (M) mit einer Motorwelle und einem daran befestigten Magneten, ~~wobei die Motorwelle direkt mit dem ersten Zahnrad verbunden ist;~~
 - ~~mindestens zwei zweite~~ *einen zweiten* Drehwinkelsensoren (21), ~~die~~ der dazu ausgebildet ~~sind~~ ist, einen Drehwinkel der Motorwelle mittels des Magneten zu detektieren; und

- ein Feedback-Aktuator-Steuergerät (15), das dazu ausgebildet ist, Sensorsignale ~~der mindestens zwei des zweiten Drehwinkelsensoren~~ *Drehwinkelsensors* (22) zu empfangen (implizit), wobei der Rad-Aktuator (9) ein Rad-Aktuator-Steuergerät (15) aufweist, das mit dem Feedback-Aktuator-Steuergerät (15) kommunikativ verbunden ist (ein Bauteil) und dazu ausgebildet ist, basierend auf Sensorwerten ~~der mindestens zwei des ersten Drehwinkelsensoren~~ *Drehwinkelsensors* (22) und den Sensorwerten ~~der mindestens zwei des zweiten Drehwinkelsensoren~~ *Drehwinkelsensors* (21) einen absoluten Lenkwinkel zu berechnen (siehe Absatz [0016]).

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich somit von dem bekannten Steer-by-Wire-Lenksystem durch die in obiger Wiedergabe des unabhängigen Anspruch 1 durchgestrichenen Merkmale, insbesondere dadurch, dass der Feedback-Motor im Sinne der obigen Bemerkung in Absatz 3 dieser Meinung direkt mit der Lenkspindel verbunden bzw. Teil dieser ist und dass die "Drehwinkelsensoren jeweils gedoppelt sind, und ist daher neu.

4.2 Weiterhin offenbart das Dokument D1 in Bezug auf den unabhängigen Anspruch 7 ein (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument)

Verfahren zum Bestimmen eines absoluten Lenkwinkels in einem Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug,

wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem eine Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung, einen Feedback-Aktuator (6) und einen Rad-Aktuator (9) aufweist,

wobei die Lenkradwinkel-Detektionsvorrichtung das Folgende aufweist:

- ein erstes Zahnrad (Teil des Riementriebs "5"), das direkt mit einem Lenkrad (1) des Kraftfahrzeugs verbunden ist;
- ein zweites Zahnrad, das mit dem ersten Zahnrad in Eingriff steht (über den Riementrieb des Riementriebs "5"); und
- ~~mindestens zwei erste~~ *einen ersten* Drehwinkelsensoren (22), ~~die der~~ dazu ausgebildet ~~sind~~ ist, einen Drehwinkel des ~~zweiten ersten~~ *ersten* Zahnrads zu detektieren,

wobei der Feedback-Aktuator (6) das Folgende aufweist:

- einen Servomotor (M) mit einer Motorwelle und einem daran befestigten Magneten, ~~wobei die Motorwelle direkt mit dem ersten Zahnrad verbunden ist;~~

- ~~mindestens zwei zweite~~ *einen zweiten* Drehwinkelsensoren (21), die der dazu ausgebildet ~~sind~~ ist, einen Drehwinkel der Motorwelle mittels des Magneten zu detektieren; und
- ein Feedback-Aktuator-Steuergerät (15), das dazu ausgebildet ist, Sensorsignale ~~der mindestens zwei des zweiten Drehwinkelsensoren~~ *Drehwinkelsensors* (22) zu empfangen (implizit),

wobei der Rad-Aktuator (9) ein Rad-Aktuator-Steuergerät (15) aufweist, das mit dem Feedback-Aktuator-Steuergerät (15) kommunikativ verbunden ist (ein Bauteil),

wobei

das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Erfassen eines ersten Drehwinkels des ~~zweiten ersten~~ Zahnrads;
- Erfassen eines zweiten Drehwinkels der Motorwelle;
- Berechnen eines absoluten Lenkwinkels basierend auf dem ersten Drehwinkel und dem zweiten Drehwinkel (siehe Absatz [0016]).

Der Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 7 unterscheidet sich somit von dem bekannten Verfahren durch die in obiger Wiedergabe des unabhängigen Anspruch 7 durchgestrichenen Merkmale, insbesondere dadurch, dass der Feedback-Motor im Sinne der obigen Bemerkung in Absatz 3 dieser Meinung direkt mit der Lenkspindel verbunden bzw. Teil dieser ist und dass die "Drehwinkelsensoren" jeweils gedoppelt sind, und ist daher neu.

- 4.3 Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann darin gesehen werden, eine kompakte Feedback-Einrichtung eines Steer-by-Wire-Lenksystems, welches darüber hinaus in der Lage ist, beim Systemstart den absoluten Lenkwinkel zu bestimmen, sowie ein entsprechendes Verfahren bereitzustellen.
- 4.4 Die in den unabhängigen Ansprüchen 1 und 7 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht aus folgenden Gründen auf einer erfinderischen Tätigkeit: selbst bei Kenntnis der Offenbarung des Dokuments D2, welches einen die Lenkspindel direkt, also ohne Zwischenschaltung eines Getriebes oder einer getriebeähnlichen Einrichtung, antreibenden Feedback-Motor offenbart, wäre es für den Fachmann nicht möglich, ohne erfinderisch tätig zu werden zum Gegenstand der vorliegenden unabhängigen Ansprüche zu gelangen. Insbesondere wären, ausgehend vom Dokument D1, mehrere nicht naheliegenden Schritte nötig, ausgehend vom Wegfall der im Dokument D1 offenbarten hydraulischen Einrichtung und Vorsehen des Feedback-Motors

anstelle der Gebereinrichtung der hydraulischen Einrichtung bis hin zum Vorsehen von doppelten Sensoren wegen der notwendigen Ausfallsicherheit, um zum Gegenstand der vorliegenden unabhängigen Ansprüche 1 und 7 zu gelangen.

- 4.5 Die Ansprüche 2 bis 6 sind vom Anspruch 1 und die Ansprüche 8 und 9 von Anspruch 7 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse in Bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

Zu Punkt VII

Bestimmte Mängel in der Anmeldung

- 5 In der Beschreibung werden weder der in Dokumenten D1 und D2 offenbarte einschlägige Stand der Technik noch die Dokumente selbst angegeben.