



**economie**

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

(11) 1032176 B1

(47) Erteilungsdatum : 30/06/2025

## (12) BELGISCHES ERFINDUNGSPATENT

(47) Veröffentlichungsdatum : 30/06/2025

(21) Antragsnummer : BE2023/5962

(22) Anmeldetag : 28/11/2023

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

(51) Internationale Klassifikation : B62D 3/12

(30) Prioritätsangaben :

(73) Inhaber :

**thyssenkrupp Presta AG**  
AG  
9492, ESCHEN  
Liechtenstein

**thyssenkrupp AG**  
AG  
45143, ESSEN  
Deutschland

(72) Erfinder :

**FICCA Riccardo**  
6811 GÖFIS  
Österreich

**RAITHER Wolfram**  
9475 SEVELEN  
Schweiz

**(54) Verfahren zur Messung der auf eine Zahnstange eines Lenkgetriebes eines Lenksystems für ein Kraftfahrzeug wirkenden Zahnstangenkraft und Lenksystem**



Verfahren zur Messung der auf eine Zahnstange eines Lenkgetriebes eines Lenksystems für ein Kraftfahrzeug wirkenden Zahnstangenkraft und Lenksystem

5

### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der auf eine Zahnstange eines Lenkgetriebes eines Lenksystems für ein Kraftfahrzeug wirkenden Zahnstangenkraft, bei dem die Zahnstange in dem Lenkgetriebe in Längsrichtung bewegbar ist und über mindestens eine Spurstange an mindestens ein lenkbares Rad gekuppelt ist.

In einem als Zahnstangenlenkung ausgebildeten Fahrzeug-Lenksystem greift ein in einem Lenkgetriebe drehend antreibbares Lenkritzeln in eine lineare Verzahnung einer Zahnstange ein, die in dem Lenkgetriebe in der durch ihre Längsachse gegebenen Längsrichtung bewegbar gelagert ist. Ein drehender Antrieb des Lenkritzels, der manuell und motorisch unterstützt oder auch rein motorisch erzeugt werden kann, bewirkt eine translatorische Verlagerung der Zahnstange in Längsrichtung in dem Lenkgetriebe, welches an einem Karosserieteil der Fahrzeugkarosserie festgelegt ist. Die Zahnstange ist über mindestens eine, üblicherweise über zwei Spurstangen an Achsschenkeln von zu lenkenden Rädern angelenkt, so dass die translatorische Bewegung der Zahnstange in einen Lenkeinschlag der Räder umgesetzt wird.

Die zur Erzeugung eines Lenkeinschlags aufgebrachte Lenkkraft entspricht im Wesentlichen der in Längsrichtung auf die Zahnstange wirkenden Zahnstangenlast, die im Folgenden gleichbedeutend als Zahnstangenkraft bezeichnet wird. Diese ist von internen und externen Betriebsparametern abhängig, beispielsweise von der Lenkgeschwindigkeit, der Reibung im Lenkgetriebe, den Fahrbahnbedingungen und dergleichen.

Es können Fahrsituationen auftreten, in denen der Lenkeinschlag eines Rades erschwert oder blockiert wird, beispielsweise durch seitlichen Radkontakt mit einer Bordsteinkante, Bordsteinrempler oder dergleichen. Erfolgt in derartigen Situationen ein Lenkeingriff, können kurzzeitig hohe Kraftspitzen auftreten, die eine entsprechend hohe Zahnstangenkraft erzeugen. Um übermäßigen Verschleiß oder Überlastung zu vermeiden, ist es bekannt, die Zahnstangenkraft während des Fahrbetriebs zu erfassen und gegebenenfalls die Ansteuerung eines motorischen Antriebs der Lenkung zur Verringerung der Belastung anzupassen.

35

- Ein Verfahren zur Bestimmung der Belastung des Lenksystems und der damit einhergehenden Zahnstangenlast ist in der DE 10 2019 133 870 A1 beschrieben. Darin wird vorgeschlagen, dass das Lenksystem eine Kraftmesseinrichtung aufweisen kann. Diese sieht vor, dass die wirkende Zahnstangenkraft mittels eines Zahnstangenkraftabschätzers unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Parametern ermittelt wird, wie etwa Fahrerkraft, Hilfskraftantrieb-Motorkraft, Reibungs- und Massenträgheitskraft und gegebenenfalls weiteren relevanten Einflussgrößen. Nachteilig an diesem Verfahren ist die Fehleranfälligkeit beispielsweise im Hinblick auf toleranzbedingte Abweichungen, Alterung und dergleichen.
- 5
- 10 Weiter ist in der KR 20160092226 A vorgeschlagen worden, eine Kraftmesszelle in eine Spurstange einzugliedern. Nachteilig daran ist der aufwendige Aufbau mit mehreren Sensoren, die überdies an bewegten Bauteilen installiert sind. Eine ähnliche Anordnung ist in der CN 211308717 U beschrieben, welche dieselben Nachteile hat.
- 15 Angesichts der vorangehend erläuterten Problematik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine einfache und robuste Ermittlung der Zahnstangenkraft zu ermöglichen.

### **Darstellung der Erfindung**

- 20 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und das Lenksystem gemäß Anspruch 7. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Bei einem Verfahren zur Messung der auf eine Zahnstange eines Lenkgetriebes eines Lenksystems für ein Kraftfahrzeug wirkenden Zahnstangenkraft, bei dem die Zahnstange in dem Lenkgetriebe in Längsrichtung bewegbar ist und über mindestens eine Spurstange an mindestens ein lenkbares Rad gekuppelt ist, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Zahnstangenkraft als Reaktionskraft zwischen dem Lenkgetriebe und einem das Lenkgetriebe in Längsrichtung abstützenden Karosserieteil gemessen wird.

25

30

Das Verfahren betrifft den Betrieb einer Zahnstangenlenkung. Bevorzugt kann die Zahnstange über zwei mit ihren beiden Enden verbundene Spurstangen an zwei lenkbaren Rädern einer Fahrzeugachse angelenkt sein.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der Umstand ausgenutzt, dass die von dem Lenkgetriebe zur Erzeugung eines Lenkeinschlags der damit verbundenen lenkbaren Räder ausgeübte Lenkkraft als Reaktionskraft auf das Lenkgetriebe zurückwirkt, wobei von außen über die Räder und die Spurstangen von der Fahrbahn rückgekoppelte externe Kräfte, beispielsweise beim Kontakt mit einer Bordsteinkante oder beim Durchfahren eines Schlaglochs, ebenfalls in diese Reaktionskraft eingehen. Damit entspricht der Betrag dieser Reaktionskraft relativ realitätsnah und zuverlässig der tatsächlich an der Zahnstange anliegenden Zahnstangenkraft. Die Reaktionskraft entspricht der Summe der zwischen dem Lenksystem und dem Lenkgetriebe wirkenden Kräfte, das sind im Wesentlichen die über die Spurstangen und die Lenkwelle auf die Schnittstellen zum Lenkgetriebe ausgeübten Kräfte. Das Lenkgetriebe ist an einem Karosserieteil des Kraftfahrzeugs angebracht und relativ zu der Reaktionskraft abgestützt. Das Karosserieteil kann mit der Kraftfahrzeugkarosserie ausgebildet oder direkt oder mittelbar damit verbunden sein. Dadurch ist es möglich, aus der zwischen dem Lenkgetriebe und dem dieses tragenden Karosserieteils anliegenden Reaktionskraft direkt die Zahnstangenkraft zu ermitteln.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass die gemessene Reaktionskraft unkompliziert als Maß für die tatsächlich anliegende Zahnstangenkraft genutzt werden kann. Dabei kann die Reaktionskraft eine einfache Kraftmessung zwischen dem Lenkgetriebe und dem Karosserieteil messtechnisch erfasst werden. Es ist keine aufwendige Abschätzung wie in dem eingangs genannten Stand der Technik erforderlich, und auch keine aufwendige und störanfällige Anbringung einer Mehrzahl von Kraftsensoren an den Spurstangen. Dadurch kann das erfindungsgemäße Verfahren baulich einfach und messtechnisch robust realisiert werden.

Es ist möglich, dass die Zahnstange manuell und/oder motorisch antreibbar ist. Die lineare Verlagerung der Zahnstange in dem Lenkgetriebe kann durch Drehung einer Lenkwelle erfolgen, die ein in die Zahnstange eingreifendes Lenkritzeln aufweist. Dadurch kann ein Hilfskraftantrieb realisiert sein, bei dem zusätzlich zu einem manuellen Lenkmoment ein motorisches Hilfsmoment in die Lenkwelle eingekoppelt wird. Es kann auch vorgesehen sein, dass eine motorische Hilfskraft zum linearen Antrieb der Zahnstange direkt in das Lenkgetriebe eingebracht wird, d.h. nicht über die Lenkwelle. Alternativ kann das Lenkgetriebe als Steer-by-Wire-Aktuator ausgebildet sein, bei dem keine mechanische Verbindung mit einer manuellen Lenkeingabe vorhanden ist, und stattdessen ausschließlich ein elektrisch gesteuerter motorischer Linearantrieb der Zahnstange realisiert ist.

Es kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass das Lenkgetriebe eine motorische Antriebseinheit aufweist. Diese dient zur motorischen Erzeugung der Zahnstangenkraft und kann bevorzugt einen elektrischen Motor mit einer rotierend antreibbaren Motorwelle umfassen, deren Rotation in eine Linearbewegung der Zahnstange umgesetzt wird. Hierzu kann eine an sich bekannte Getriebeanordnung vorgesehen sein, beispielsweise ein Spindeltrieb mit einer drehend antreibbaren Spindelmutter und einer mit der Zahnstange verbundenen Gewindespindel, oder ein Zahntrieb mit einem in eine Verzahnung der Zahnstange eingreifenden drehend antreibbaren Ritzel. Die motorische Antriebseinheit kann bevorzugt einschließlich des Motors und des Getriebes mit dem Lenkgetriebe baulich vereinigt ausgebildet sein.

10

Es kann mit Vorteil vorgesehen sein, dass die Reaktionskraft mittels mindestens eines elektrischen Kraftsensors gemessen wird. Dieser kann in an sich bekannte Weise Dehnungsmesstreifen, Piezoelemente oder dergleichen aufweisen. Mittels eines oder mehrerer Kraftsensoren kann die zwischen dem Lenkgetriebe und dem Karosserieteil anliegende Reaktionskraft zuverlässig mit geringem Aufwand gemessen werden. Vorzugsweise sind ein oder mehrere Kraftsensoren zur Erfassung der Kraft in Längsrichtung ausgebildet, zur Messung der in Längsrichtung wirkenden Zahnstangenkraft. Darüber hinaus können auch ein oder mehrere Kraftsensoren in Querrichtung, d.h. quer zur Längsrichtung angeordnet sein. Dadurch können auch auf die Zahnstange einwirkende Querkräfte überwacht werden. Dadurch können zuverlässig sämtliche Zahnstangenlasten erfasst werden.

15

20

Das Verfahren kann vorzugsweise dadurch realisiert sein, dass die Reaktionskraft an einem Befestigungsmittel gemessen wird, mit dem das Lenkgetriebe mit dem Karosserieteil verbunden ist. Das Befestigungsmittel dient zur mechanischen Verbindung des Lenkgetriebes mit dem Karosserieteil. Entsprechend werden praktisch die gesamten Reaktionskräfte über ein oder mehrere Befestigungsmittel übertragen. Es ist mit geringem Aufwand möglich, dass ein Befestigungsmittel einen elektrischen Kraftsensor aufweisen kann, oder selbst als ein solcher ausgebildet ist. Dabei ist es vorteilhaft, dass die Reaktionskraft an sämtlichen Befestigungsmitteln gemessen wird. Hierzu können diese jeweils mindestens einen Kraftsensor aufweisen.

25

30

Eine Ausführung des Verfahrens kann dadurch ermöglicht sein, dass das Lenkgetriebe elastisch verlagerbar an dem Karosserieteil gehalten ist und eine von der Reaktionskraft erzeugte bzw. davon abhängige relative Verlagerung zwischen dem Lenkgetriebe und dem Karosserieteil erfasst wird. Das Lenkgetriebe ist über eine elastische Lagerung mit dem Karosserieteil verbunden. Diese ist derart kalibriert, dass eine definierte, eindeutig mit der Größe der Reaktionskraft korrelierte Verlagerung relativ zum Karosserieteil erfolgt. Diese Verlagerung kann einfach und

35

zuverlässig messtechnisch erfasst und zur Bestimmung der Reaktionskraft genutzt werden.

Bei einem Lenksystem für ein Kraftfahrzeug umfassend ein Lenkgetriebe, in dem eine Zahnstange in Längsrichtung bewegbar ist und über mindestens eine Spurstange an mindestens  
5 eine lenkbare Rad gekuppelt ist, und das Lenkgetriebe mindestens ein zur Verbindung mit einem Karosserieteil ausgebildetes Befestigungsmittel aufweist, wobei eine Kraftmesseinrichtung zur Ermittlung der auf die Zahnstange wirkenden Zahnstangenkraft vorgesehen ist, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass mindestens ein Befestigungsmittel eine Kraftmesseinrichtung aufweist.

10 Das erfindungsgemäße Lenksystem ist ausgebildet, um das vorangehend beschriebene erfindungsgemäße Verfahren zu realisieren. Dabei können ausdrücklich sämtliche im Zusammenhang mit dem Verfahren ausdrücklich oder implizit offenbarten Vorrichtungsmerkmale bei dem Lenksystem realisiert sein.

15 Die Kraftmesseinrichtung ist ausgebildet zur Erfassung der zwischen dem Lenkgetriebe und dem Karosserieteil wirkenden Reaktionskraft, die dadurch auftritt, dass das Lenkgetriebe eine Lenkkraft auf die Räder ausübt, und von den Rädern auf das Lenkgetriebe übertragen wird.

20 Es ist bevorzugt, dass die Kraftmesseinrichtung mindestens einen elektrischen Kraftsensor aufweist. Der Kraftsensor kann einen Dehnungsmesstreifen, ein Piezoelement oder dergleichen aufweisen. Bevorzugt ist er mit dem Lenkgetriebe verbunden, so dass er bezüglich der auf das Lenkgetriebe wirkenden Reaktionskräfte im Kraftfluss zwischen dem Lenkgetriebe und dem Karosserieteil angeordnet ist. Anders ausgebrückt ist die Kraftmesseinrichtung zwischen dem  
25 Lenkgetriebe und dem Karosserieteil eingegliedert. Es können mehrere Kraftsensoren vorgesehen sein, beispielsweise an mehreren Befestigungspunkten. An jedem der Befestigungspunkte kann ein Befestigungsmittel zur Verbindung des Lenkgetriebes mit dem Karosserieteil vorgesehen sein, beispielsweise ein Befestigungsbolzen oder dergleichen.

30 Mittels eines oder mehrerer Kraftsensoren kann die zwischen dem Lenkgetriebe und dem Karosserieteil anliegende Reaktionskraft zuverlässig mit geringem Aufwand gemessen werden. Vorzugsweise können ein oder mehrere Kraftsensoren zur Erfassung der Kraft in Längsrichtung ausgebildet sein, zur Messung der in Längsrichtung wirkenden Zahnstangenkraft. Darüber hinaus können auch ein oder mehrere Kraftsensoren in Querrichtung, d.h. quer zur Längsrichtung  
35 angeordnet sein. Dadurch können auch auf die Zahnstange einwirkende Querkräfte überwacht werden.

Vorzugsweise kann das Lenkgetriebe mit dem Karosserieteil über mindestens ein Befestigungsmittel verbunden sein. Dadurch erfolgt die mechanische Verbindung des Lenkgetriebes mit dem Karosserieteil. Entsprechend werden praktisch die gesamten Reaktionskräfte über ein oder  
5 mehrere Befestigungsmittel übertragen. Es ist mit geringem Aufwand möglich, dass ein Befestigungsmittel einen elektrischen Kraftsensor aufweisen kann, oder selbst als ein solcher ausgebildet ist. Dabei ist es vorteilhaft, dass sämtliche Befestigungsmittel jeweils einen Kraftsensor aufweisen oder wirkungsmäßig mit einem solchen verbunden sind.

10 Es kann vorgesehen sein, dass das Lenkgetriebe elastisch verlagerbar an dem Karosserieteil gehalten ist und die Kraftmesseinrichtung ausgebildet ist zur Erfassung einer relativen Verlagerung zwischen dem Lenkgetriebe und dem Karosserieteil. Das Lenkgetriebe ist über eine elastische Lagerung mit dem Karosserieteil verbunden. Diese ist derart kalibriert, dass eine definierte, eindeutig mit der Größe der Reaktionskraft korrelierte Verlagerung relativ zum Karosserieteil erfolgt, vorzugsweise in Längsrichtung. Durch die Kraftmesseinrichtung kann eine von der  
15 Reaktionskraft erzeugte bzw. davon abhängige relative Verlagerung zwischen dem Lenkgetriebe und dem Karosserieteil erfasst werden, die eindeutig mit der Zahnstangekraft korreliert ist. Diese Verlagerung kann einfach und zuverlässig unter Verwendung eines geeigneten Wegsensors messtechnisch erfasst werden, beispielsweise mittels eines Dehnungsmessstreifens  
20 oder dergleichen.

Es ist möglich, dass ein Befestigungsmittel einen Kraftsensor aufweist. Das Befestigungsmittel selbst kann als Kraftsensor ausgebildet sein, beispielsweise als sogenannter Kraftmessbolzen oder Lastmessbolzen, oder kann einen integrierten Kraftsensor aufweisen. Alternativ kann ein  
25 Kraftsensor zwischen zur Verbindung zusammenwirkenden Befestigungsmitteln angeordnet sein, beispielsweise zwischen einem Befestigungsbolzen und einer diesen aufnehmenden Aufnahmebohrung, beispielsweise als Kraftmesszelle, Druckdose oder dergleichen.

Eine vorteilhafte Ausführung kann beispielsweise dadurch realisiert werden, dass eine ringförmige Kraftmesszelle auf einem zylindrischen Bolzen angeordnet ist, die bevorzugt axial und radial gegen eine korrespondierende Aufnahmebohrung an dem Lenkgetriebe oder dem Karosserieteil abgestützt ist. Dadurch kann ein zuverlässige und montagefreundliche Anordnung realisiert sein.  
30

35 Es ist bevorzugt, dass das Lenkgetriebe ein Gehäuse aufweist, in dem die Zahnstange gelagert ist, und welches Befestigungsmittel aufweist. Die Befestigungsmittel sind ausgebildet, um das

Gehäuse mit dem Karosserieteil zu verbinden. Sie können beispielsweise Befestigungsbohrungen umfassen, durch die mit dem Karosserieteil verbindbare Befestigungsbolzen hindurchgeführt sein können.

- 5 Es ist möglich, dass ein manueller und/oder motorischer Antrieb mit der Zahnstange wirkverbunden ist, wie oben beschrieben ist, um einen Hilfskraftantrieb oder einen Steer-by-Wire-Aktuator zu realisieren.

10 Es kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass das Lenkgetriebe eine motorische Antriebseinheit aufweist. Diese dient zur motorischen Erzeugung der Zahnstangenkraft und kann bevorzugt einen elektrischen Motor mit einer rotierend antreibbaren Motorwelle umfassen, deren Rotation in eine Linearbewegung der Zahnstange umgesetzt wird. Hierzu kann eine an sich bekannte Ge-  
15 triebeanordnung vorgesehen sein, beispielsweise ein Spindeltrieb mit einer drehend antreibbaren Spindelmutter und einer mit der Zahnstange verbundenen Gewindespindel, oder ein Zahn-  
trieb mit einem in eine Verzahnung der Zahnstange eingreifenden drehend antreibbaren Ritzel. Die motorische Antriebseinheit kann bevorzugt einschließlich des Motors und des Getriebes mit dem Lenkgetriebe baulich vereinigt ausgebildet sein.

## 20 **Beschreibung der Zeichnungen**

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Im Einzelnen zeigen:

- 25 Fig. 1 ein Kraftfahrzeug-Lenksystem in einer schematischen perspektivischen Ansicht,  
Fig. 2 das Lenkgetriebe des Lenksystems gemäß Fig. 1 in einer schematisch teilweise auseinander gezogenen Darstellung,  
30 Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt aus Fig. 2.

## **Ausführungsformen der Erfindung**

- 35 In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher in der Regel auch jeweils nur einmal benannt bzw. erwähnt.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Lenksystems 1 für ein Kraftfahrzeug, welches beispielhaft als elektromechanische Hilfskraftlenkung ausgebildet ist.

5 Das Lenksystem 1 umfasst eine Lenksäule 2, die an einer hier nicht gezeigten Karosserie eines Kraftfahrzeugs anbringbar ist. In der Lenksäule 2 ist eine Lenkspindel 21 drehbar gelagert, an deren bezüglich der Fahrrichtung hinteren, der Fahrerposition zugewandten Ende ein Lenkrad 22 zur Eingabe manueller Lenkbefehle angebracht ist.

10 Die Lenkspindel 21 ist über eine Lenkwelle 23 mit einem Lenkgetriebe 3 gekuppelt, welches in Fig. 2 und 3 detailliert dargestellt ist.

Das Lenkgetriebe 3 weist eine Zahnstange 4 auf, die sich in einer Längsrichtung Z erstreckt, die gleichbedeutend auch als Zahnstangenrichtung oder Verstellrichtung bezeichnet wird.

15 Die Zahnstange 4 ist in einem Gehäuse 31 des Lenkgetriebes 3 – siehe Fig. 2 – in Längsrichtung Z verschiebbar gelagert, wie in Fig. 1 mit dem Doppelpfeil angedeutet ist. Ein an der Lenkwelle 23 angebrachtes Lenkritzels 24 greift in eine lineare Verzahnung 41 der Zahnstange 4 ein.

20 Eine Drehung des mit der Lenkwelle 23 verbundenen Lenkritzels 24 wird in eine lineare Verlagerung der Zahnstange 4 in dem Gehäuse 31 des Lenkgetriebes 3 umgesetzt.

Die Zahnstange 4 ist an ihren beiden Enden über Spurstangen 42 an Achsschenkel 43 von lenkbaren Rädern 5 angelenkt. Somit bewirkt eine Verlagerung der Zahnstange 4 in Längsrichtung Z einen Lenkeinschlag der Räder 5.

Zur Unterstützung der manuellen Lenkung mit einer motorisch erzeugten Hilfskraft kann ein elektrischer Antrieb 25, 26 oder 32 vorgesehen sein, üblicherweise nur an einer der drei genannten Positionen. Die Antriebe 25 und 26 sind als Hilfskraftantriebe ausgestaltet, durch die fahrsituationsabhängig ein das manuelle Lenkmoment unterstützendes motorisches Hilfsmoment in die Lenkspindel 21 bzw. die Lenkwelle 23 eingekoppelt werden kann. Das Gesamtmoment wird über das Lenkritzels 24 in die Zahnstange 4 eingekoppelt.

Alternativ kann ein elektrischer Antrieb 32 an dem Lenkgetriebe 3 angebracht sein. Dieser umfasst einen elektrischen Motor 33, der über ein – hier nur schematisch angedeutetes Getriebe

34 – eine lineare Antriebskraft auf die Zahnstange 4 ausüben kann. Hierzu kann beispielsweise zwischen dem Motor 33 und der Zahnstange 4 ein Spindeltrieb oder Zahntrieb vorgesehen sein.

5 Durch den Antrieb 32 kann eine das manuelle Lenkmoment unterstützende Hilfskraft in die Zahnstange 4 eingekoppelt werden. Alternativ ist es ausdrücklich möglich, dass die Zahnstange 4 in einem Steer-by-Wire-Lenksystem durch den elektrischen Antrieb 32 des Lenkgetriebes 3 ausschließlich motorisch bewegt wird. In diesem Fall ist keine mechanische Verbindung mit dem Lenkrad 22 über die Lenkwelle 23 erforderlich.

10 Das Lenkgetriebe 3 ist mit einem Karosserieteil 6 verbunden, welches an der hier nicht weiter dargestellten Kraftfahrzeug-Karosserie festgelegt ist, beispielsweise an einem Stützrahmen oder dergleichen.

15 Die Verbindung des Lenkgetriebes 3 mit dem Karosserieteil 6 erfolgt erfindungsgemäß über ein Befestigungsmittel 7. Dieses umfasst einen Befestigungsbolzen 71 und einen Kraftsensor 72, der im gezeigten Beispiel eine ringförmige Kraftmesszelle aufweisen kann. Diese ist an eine elektrische Steuereinheit 73 angeschlossen, welche die mit der einwirkenden Kraft korrelierten elektrischen Messwerte des Kraftsensors 72 erfassen und auswerten kann. Ausgehend von den so gewonnenen Messwerten kann einer der der Antriebe 25, 26 oder 32 angesteuert werden.

20 Es ist somit möglich, eine Überlast sicher zu erkennen. Es ist auch denkbar, einen mit dem Lenkrad 22 verbundenen, hier nicht dargestellten Feedback-Aktuator anzusteuern, der abhängig von der Fahrsituation ein Feedback- bzw. Rückstell-Moment erzeugen kann.

25 In dem in Fig. 3 gezeigten, schematisch in Richtung des Befestigungsbolzens 71 auseinander gezogenen Zustand, ist mit den Pfeilen angedeutet, wie der Befestigungsbolzen 71 durch eine Öffnung in dem Karosserieteil 6 hindurch in Eingriff gebracht werden kann mit dem Kraftsensor 72. Dieser kann in einer Aufnahme 35 des Gehäuses 31 bevorzugt formschlüssig aufgenommen und fixiert sein.

30 Beim Betätigen des Lenksystems 1 zur Erzeugung eines Lenkeinschlags wird die Zahnstange 4 manuell und motorisch mit einer Lenkkraft  $F$  beaufschlagt, die schematisch in Fig. 1 bis 3 eingezeichnet ist. Diese wird von der Zahnstange 4 beispielsweise in der gezeigten Ansicht nach links gerichtet auf die Spurstange 42 ausgeübt. Die Lenkkraft  $F$  entspricht im Wesentlichen der in der Längsrichtung  $Z$  wirkenden Zahnstangenkraft bzw. der Zahnstangenlast.

Das Lenkgetriebe 3 stützt sich mit einer der Lenkkraft  $F$  entgegengesetzten, dabei vom Betrag gleich großen Reaktionskraft  $R$  gegen das Karosserieteil 6 ab, wie in Fig. 2 und 3 angedeutet ist. Diese Reaktionskraft  $R$  wird zwischen dem Gehäuse 31 und dem Befestigungsbolzen 71 auf den Kraftsensor 72 übertragen. Aufgrund der eindeutigen Korrelation zwischen der Reaktionskraft  $R$  und der Lenkkraft  $F$ , die der Zahnstangenkraft entspricht, kann aus dem elektrischen Messwert des Kraftsensors 72 die Zahnstangenkraft ermittelt werden.

Alternativ ist es auch denkbar und möglich, dass der Befestigungsbolzen 71 selbst einen integrierten Kraftsensor aufweist, und als sogenannter Kraftmessbolzen oder Lastmessbolzen ausgebildet sein kann. In einer weiteren Alternative ist es möglich, dass das Lenkgetriebe 3 elastisch verlagerbar an dem Karosserieteil 6 gehalten ist und die Kraftmesseirichtung 7 ausgebildet ist zur Erfassung einer relativen Verlagerung zwischen dem Lenkgetriebe 3 und dem Karosserieteil 6, beispielsweise mittels eines Dehnungsmessstreifens oder dergleichen.

**Bezugszeichenliste**

	1	Lenksystem
	2	Lenksäule
	21	Lenkspindel
5	22	Lenkrad
	23	Lenkwelle
	24	Lenkritzel
	25, 26	Antrieb
	3	Lenkgetriebe
10	31	Gehäuse
	32	Antrieb
	33	Motor
	34	Getriebe
	35	Aufnahme
15	4	Zahnstange
	41	Verzahnung
	42	Spurstange
	43	Achsschenkel
	5	Rad
20	6	Karosserieteil
	7	Befestigungsmittel
	71	Befestigungsbolzen
	72	Kraftsensor
	73	Steuereinheit
25		
	Z	Längsrichtung
	F	Lenkkraft
	R	Reaktionskraft

## PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Verfahren zur Messung der auf eine Zahnstange (4) eines Lenkgetriebes (3) eines Lenk-  
systems (1) für ein Kraftfahrzeug wirkenden Zahnstangenkraft (F), bei dem die Zahn-  
stange (4) in dem Lenkgetriebe (3) in Längsrichtung (Z) bewegbar ist und über mindes-  
tens eine Spurstange (42) an mindestens ein lenkbares Rad (5) gekuppelt ist,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
10 dass die Zahnstangenkraft (F) als Reaktionskraft (R) zwischen dem Lenkgetriebe (3)  
und einem das Lenkgetriebe (3) in Längsrichtung (Z) abstützenden Karosserieteil (6) ge-  
messen wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnstange (4) manuell  
und/oder motorisch antreibbar ist.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass  
das Lenkgetriebe (3) eine motorische Antriebseinheit (32) aufweist.
- 20 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Reaktionskraft (R) mittels mindestens eines elektrischen Kraftsensors (72) gemes-  
sen wird.
- 25 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Reaktionskraft (R) an einem Befestigungsmittel (7) gemessen wird, mit dem das  
Lenkgetriebe (3) mit dem Karosserieteil (6) verbunden ist.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass  
das Lenkgetriebe (3) elastisch verlagerbar an dem Karosserieteil (6) gehalten ist und  
eine von der Reaktionskraft (R) erzeugte relative Verlagerung zwischen dem Lenkge-  
triebe (3) und dem Karosserieteil (6) erfasst wird.
- 35 7. Lenksystem (1) für ein Kraftfahrzeug umfassend ein Lenkgetriebe (3), in dem eine Zahn-  
stange (4) in Längsrichtung (Z) bewegbar ist und über mindestens eine Spurstange (42)  
an mindestens ein lenkbares Rad (5) gekuppelt ist, und das Lenkgetriebe (3) mindes-  
tens ein zur Verbindung mit einem Karosserieteil (6) ausgebildetes Befestigungsmittel

(7) aufweist, wobei eine Kraftmesseinrichtung (71, 72) zur Ermittlung der auf die Zahnstange (3) wirkenden Zahnstangenkraft (F) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Befestigungsmittel (7) eine Kraftmesseinrichtung (72) aufweist.

- 5 8. Lenksystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftmesseinrichtung (7) mindestens einen elektrischen Kraftsensor (72) aufweist.
9. Lenksystem nach einem der Ansprüche 7 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Lenkgetriebe (3) elastisch verlagerbar an dem Karosserieteil (6) gehalten ist und die Kraftmesseinrichtung (7) ausgebildet ist zur Erfassung einer relativen Verlagerung zwischen dem Lenkgetriebe (3) und dem Karosserieteil (6).
- 10 10. Lenksystem nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Befestigungsmittel (7) einen Kraftsensor (72) aufweist.
- 15 11. Lenksystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Das Lenkgetriebe (3) ein Gehäuse (31) aufweist, in dem die Zahnstange (4) gelagert ist, und welches Befestigungsmittel (7) aufweist.
- 20 12. Lenksystem nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein manueller und/oder motorischer Antrieb (25, 26, 32) mit der Zahnstange (4) wirkverbunden ist.
- 25 13. Lenksystem nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Lenkgetriebe (3) eine motorische Antriebseinheit (32) aufweist.



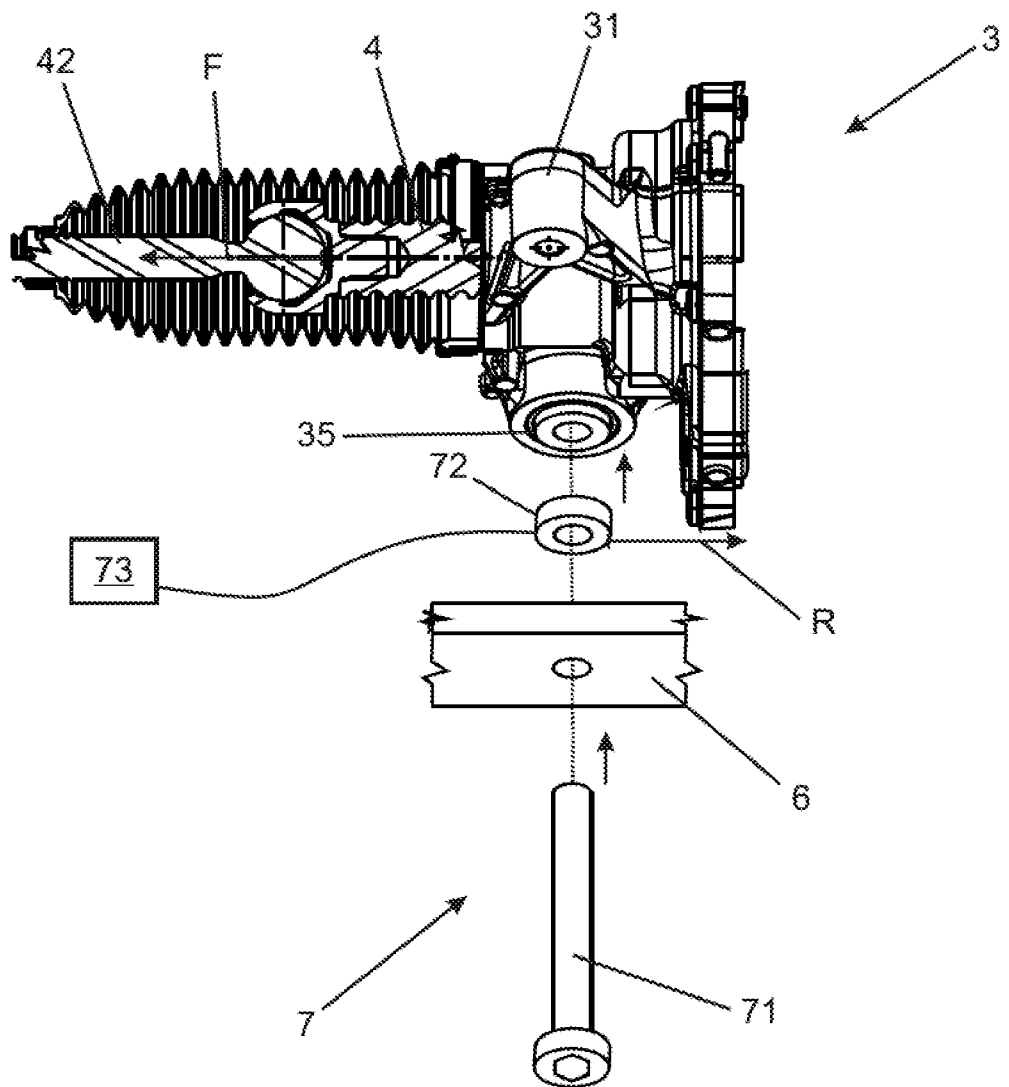


Fig. 3

# 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  <b>230538P00BE</b>
Nationales Aktenzeichen  <b>202305962</b>	Anmeldedatum  <b>28-11-2023</b>
Anmeldeland	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name)  <b>thyssenkrupp Presta AG, et al</b>	
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art  <b>09-12-2023</b>	Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat  <b>SN85270</b>
<b>I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)	
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC  <b>Siehe Recherchenbericht</b>	
<b>II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE</b>	
Recherchierter Mindestprüfstoff	
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
<b>IPC</b>	<b>Siehe Recherchenbericht</b>
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen	
<b>III.</b> <input type="checkbox"/> <b>EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN</b> <span style="float: right;">(Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)</span>	
<b>IV.</b> <input type="checkbox"/> <b>MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG</b> <span style="float: right;">(Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)</span>	

**BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART**

Nr. des Antrags auf Recherche

**BE 202305962**

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

INV. **B62D3/12**

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTER SACHGEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

**B62D F16F G01L G01M**

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,D	<p><b>KR 2016 0092226 A (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 4. August 2016 (2016-08-04)</b>  <b>in der Anmeldung erwähnt</b>  <b>* Absätze [0014] - [0019]; Abbildungen *</b>                      -----</p>	<b>1 - 13</b>
A	<p><b>KR 2007 0055806 A (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 31. Mai 2007 (2007-05-31)</b>  <b>* Seite 3, Zeile 28 - Zeile 49; Abbildung *</b>                      -----</p>	<b>9, 11 - 13</b>

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

**7. Juni 2024**

Absenddatum des Berichts über die Recherche internationaler Art

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 202305962**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
KR 20160092226	A	04-08-2016	KEINE
-----			
KR 20070055806	A	31-05-2007	KEINE
-----			



## SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr. SN85270	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 28.11.2023	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Anmeldung Nr. BE202305962
Internationale Patentklassifikation (IPK) INV. B62D3/12			
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 1-13 Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit	Ja: Ansprüche 1-13 Nein: Ansprüche
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja: Ansprüche: 1-13 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**

**Zu Punkt V**

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

1 Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1 KR 2016 0092226 A (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 4. August 2016 (2016-08-04) in der Anmeldung erwähnt

D2 KR 2007 0055806 A (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 31. Mai 2007 (2007-05-31)

2 Das Dokument D1, siehe insbesondere die im Recherchenbericht benannten Stellen, wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche 1 und 7 angesehen.

2.1 Dokument D1 offenbart in Bezug auf den unabhängigen Anspruch 1 ein (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument)

Verfahren zur Messung der auf eine Zahnstange eines Lenkgetriebes (100) eines Lenksystems für ein Kraftfahrzeug wirkenden Zahnstangenkraft (220), bei dem die Zahnstange in dem Lenkgetriebe (100) in Längsrichtung bewegbar ist und über mindestens eine Spurstange (110) an mindestens ein lenkbares Rad gekuppelt ist.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich somit von dem bekannten Verfahren dadurch,

dass die Zahnstangenkraft als Reaktionskraft zwischen dem Lenkgetriebe und einem das Lenkgetriebe in Längsrichtung abstützenden Karosserieteil gemessen wird,

und ist daher neu.

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

Lenksystem für ein Kraftfahrzeug umfassend ein Lenkgetriebe (100), in dem eine Zahnstange in Längsrichtung bewegbar ist und über mindestens eine Spurstange (110) an mindestens ein lenkbares Rad gekuppelt ist, und das Lenkgetriebe (100) mindestens ein zur Verbindung mit einem Karosserieteil ausgebildetes Befestigungsmittel aufweist (implizit, das

Lenkgetriebe ist nicht freischwebend im Fahrzeug), wobei eine Kraftmesseinrichtung (130) zur Ermittlung der auf die Zahnstange wirkenden Zahnstangenkraft vorgesehen ist.

Der Gegenstand des Anspruchs 7 unterscheidet sich somit von dem bekannten Lenksystem dadurch,

dass mindestens ein Befestigungsmittel eine Kraftmesseinrichtung aufweist,

und ist daher neu.

- 3 Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann darin gesehen, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur einfachen und robusten Ermittlung der Zahnstangenkraft zu Verfügung zu stellen.
- 3.1 Die in den unabhängigen Ansprüchen 1 und 7 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht aus folgenden Gründen auf einer erfinderischen Tätigkeit: der Anmelder hat erkannt, dass die Kräfte, die in den Befestigungsmitteln des Lenkgetriebes an die Karosserie des Fahrzeugs wirken, zur Bestimmung einer "Zahnstangenkraft" herangezogen werden können. Elastische Befestigungsmittel als solche, die unter Kräften, die auf die Räder wirken und letztendlich eine Zahnstangenkraft zur Folge haben, "nachgeben" und somit einer Verschiebung des Lenkgetriebes gegenüber der Karosserie erlauben, sind bekannt, siehe zum Beispiel das Dokument D2. Auch wenn aus diesem Dokument eine Änderung der Steifigkeit dieser Befestigungsmittel in Abhängigkeit einer vom Fahrer oder der Fahrerin eingeleiteten Lenkbewegung offenbart wird, hat der Fachmann oder die Fachfrau keine Veranlassung, die aus diesem Dokument bekannten Befestigungsmittel, ohne erfinderisch tätig zu werden, in Richtung der vorgeschlagenen Erfindung weiter zu entwickeln, zumal in diesem Dokument eine "Zahnstangenkraft" als solche nicht unmittelbar erwähnt wird.
- 3.2 Die Ansprüche 2 bis 6 bzw. 8 bis 13 sind von den Ansprüchen 1 bzw. 7 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse in Bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

**Zu Punkt VII**

**Bestimmte Mängel in der Anmeldung**

- 4 Nicht in der Beschreibung genannte Bezugszeichen dürfen nicht in den Zeichnungen erscheinen und umgekehrt. Dieses Erfordernis ist hinsichtlich des Bezugszeichens "71" für ein "Befestigungsmittel" in Anspruch 11 und des Bezugszeichens "4" für "das Lenkgetriebe" in Anspruch 13 nicht erfüllt.

Die "Befestigungsmittel" sind im Rest der Anmeldung mit dem Bezugszeichen "7" versehen

Das "Lenkgetriebe" ist im Rest der Anmeldung mit dem Bezugszeichen "3" versehen

- 5 Bei der Durchsicht der Anmeldung wurden die folgenden typographischen Fehler bemerkt, die zumindest die Lesbarkeit der Anmeldung beeinträchtigen.

Beschreibung, Seite 4, Zeile 13: "aufwesien" anstelle von "aufweisen"

Beschreibung, Seite 4, Übergang von Zeile 15 auf Zeile 16: der Ausdruck "Kraftsensoren" ist offensichtlich an der falschen Stelle getrennt

Beschreibung, Seite 4, Zeile 22: Der Absatz sollte mit einem Großbuchstaben beginnen

Seite 7, Zeile 30: im Vergleich zu den übrigen Hinweisen auf die Figuren fehlendes Leerzeichen bei "Fig. 2"

Seite 8, Zeile 17: im Vergleich zu den übrigen Hinweisen auf die Figuren fehlendes Leerzeichen bei "Fig. 1"

Seite 9, Zeile 24: im Vergleich zu den übrigen Hinweisen auf die Figuren fehlendes Leerzeichen bei "Fig. 3"

Seite 9, Zeile 31: im Vergleich zu den übrigen Hinweisen auf die Figuren fehlendes Leerzeichen bei "Fig. 1"