

**(12) BELGISCHES ERFINDUNGSPATENT**

(47) Veröffentlichungsdatum : 16/09/2024

(21) Antragsnummer : BE2023/5099

(22) Anmeldetag : 10/02/2023

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

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

(30) Prioritätsangaben :

(73) Inhaber :

**thyssenkrupp Presta AG**  
AG  
9492, ESCHEN  
Liechtenstein**thyssenkrupp AG**  
AG  
45143, ESSEN  
Deutschland

(72) Erfinder :

**TOTH Andras**  
2360 GYÁL  
Ungarn**ARÁNYI Miklós**  
9445 REBSTEIN  
Schweiz**SZEPESSY Imre**  
9493 MAUREN  
Liechtenstein**BODNÁR Bence**  
6100 KISKUNFÉLEGYHÁZA  
Ungarn**BEKÓ Mária**  
9181 KIMLE  
Ungarn**(54) Steer-by-Wire-Lenksystem mit vernetzten Teilsystemen und Verfahren zum Betreiben**

## eines solchen Steer-by-Wire-Lenksystems

(57)Die vorliegende Erfindung betrifft ein Steer-by-Wire-Lenksystem (1) für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten Teilsystem (101) und einem zweiten Teilsystem (102), wobei das erste Teilsystem (101) eine Lenkwelle (2), eine drehfest an einem Ende der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe (3), einen Feedback-Aktuator (5), eine Absolutwinkelsensoreinheit (7) zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle (2) und eine Relativwinkelsensoreinheit (4) zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle (2) aufweist, und wobei das zweite Teilsystem (102) eine Lenkstellereinheit (9), ein Koppel-element (12), eine Absolutpositionssensoreinheit (15) zur Bestimmung einer absoluten Position des Koppel-elementes (12) und eine Relativpositionssensoreinheit (16) zur Bestimmung einer relativen Position des Koppel-elementes (12) aufweist. Zur Erhöhung der Fehlerrobustheit sind das erste Teilsystem (101) und das zweite Teilsystem (102) über eine Kommunikationsverbindung (20) miteinander verbunden, wobei die Kommunikationsverbindung (20) eingerichtet ist, Sensordaten (32) von dem ersten Teilsystem (101) an das zweite Teilsystem (102) zu übertragen und Sensordaten (31) von dem zweiten Teilsystem (102) an das erste Teilsystem (101) zu übertragen. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Steer-by-Wire-Lenksystems.

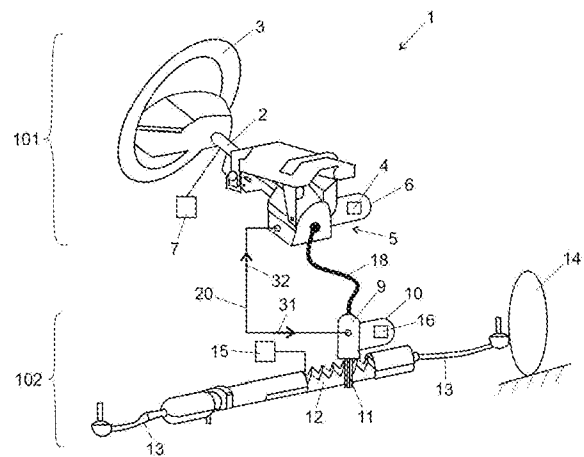


Fig. 1

## **Steer-by-Wire-Lenksystem mit vernetzten Teilsystemen und Verfahren zum Betreiben eines solchen Steer-by-Wire-Lenksystems**

Die Erfindung betrifft ein Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten  
5 Teilsystem und einem zweiten Teilsystem, wobei das erste Teilsystem eine Lenkwelle, eine  
drehfest an einem Ende der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe, einen Feedback-Aktuator,  
eine Absolutwinkelsensoreinheit zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle und  
eine Relativwinkelsensoreinheit zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle  
10 aufweist, und wobei das zweite Teilsystem eine Lenkstellereinheit, ein Koppellement,  
insbesondere eine Zahnstange, eine Absolutpositionssensoreinheit zur Bestimmung einer  
absoluten Position des Koppellementes und eine Relativpositionssensoreinheit zur Bestimmung  
einer relativen Position des Koppellementes aufweist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein  
Verfahren zum Betreiben eines solchen Steer-by-Wire-Lenksystems.

15 Steer-by-Wire-Lenksysteme sind im Stand der Technik vielfach beschrieben. Beispielsweise  
offenbart die DE 10 2018 114 988 A1 ein Steer-by-Wire-Lenksystem mit einer Lenkhandhabe,  
einem Feedback-Aktuator und einem Lenksteller, wobei über die Lenkhandhabe ein Lenkbefehl  
vorgegeben werden kann, der von dem Lenksteller in eine Lenkbewegung von lenkbaren Rädern  
eines Kraftfahrzeugs umgesetzt werden kann. Eine Herausforderung bei Steer-by-Wire-  
20 Lenksystemen besteht darin, ein Kraftfahrzeug auch bei einem Auftreten von Fehlern in dem  
Steer-by-Wire-Lenksystem kontrollierbar zu halten. Die DE 10 2020 100 719 A1 schlägt dazu  
vor, beim einem Kraftfahrzeug mit einer Vorderachs- und einer Hinterachslenkung im Fehlerfall  
der Vorderachs- oder der Hinterachslenkung die fehlerbehaftete Lenkung abzuschalten und eine  
Lenkbewegung mittels eines autonomen Fahrmodus oder einer abgeleiteten Soll-Bewegung zu  
25 ermöglichen. Aus der DE 10 2019 217 588 A1 ist zudem bekannt, dass nach einer  
Fahrzeugkollision, durch die ein oder mehrere Räder einer Fahrzeugachse nicht mehr vollständig  
oder auch gar nicht mehr lenkbar sind, mittels der funktionsfähigen Lenkachse gelenkt wird und  
ein Bremssignal an eines der mit dieser Lenkachse verbundenen Fahrzeugräder übermittelt wird.  
Darüber hinaus ist es bekannt, Komponenten des Steer-by-Wire-Lenksystems redundant  
30 auszugestalten, sodass im Falle eines Auftretens eines Fehlers in einer Komponente die  
entsprechende Funktion dieser Komponente von der redundanten Komponente ausgeführt wird.  
Beispielsweise wird in der DE 10 2020 209 270 A1 eine redundant ausgebildete Steuereinheit  
offenbart, die in einem Steer-by-Wire-Lenksystem eingesetzt werden kann. Eine redundante  
Ausgestaltung von Komponenten eines Steer-by-Wire-Lenksystems ist auch in der  
35 US 2022/0001916 A1 offenbart.

Des Weiteren offenbart die DE 10 2004 008 203 A1 ein System und ein Verfahren zur initialen Ausrichtung der Räder eines Steer-by-Wire-Lenkensystems eines Kraftfahrzeugs. Dieses Steer-by-Wire-Lenkensystem umfasst dabei ein erstes Teilsystem mit einer Lenkwelle, mit einer an der  
5 Lenkwelle angeordneten Lenkhandhabe, mit einem Lenkrad-Aktuator mit zugeordneter Motorendstufe, mit einer Absolutwinkelsensoreinheit zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle, mit einer Relativsensoreinheit zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle und mit einem Lenkrad-Controller. Zudem umfasst das Steer-by-Wire-Lenkensystem ein zweites Teilsystem mit lenkbaren Rädern, die durch einen dem jeweiligen  
10 lenkbaren Rad zugeordneten Rad-Aktuator gelenkt werden können, wobei die Rad-Aktuatoren über eine jeweilige Motorendstufe von einem Rad-Controller gesteuert werden. Zur Bestimmung eines relativen und eines absoluten Radwinkels umfasst das zweite Teilsystem Radsensoren. Zwischen dem Lenkrad-Controller des ersten Teilsystems und dem Rad-Controller des zweiten Teilsystems können Sensordaten übertragen werden.

15

Ein ähnliches Steer-by-Wire-Lenkensystem wird in der DE 10 2004 030 685 A1 beschrieben. Das Steer-by-Wire-Lenkensystem ist dabei derart eingerichtet, dass eine modellgestützte Fehlererkennung ermöglicht wird, wobei anstelle zusätzlicher Hardwarekomponenten eine analytische Redundanz benutzt wird, um auf diese Weise Kosten zu verringern und die  
20 Zuverlässigkeit zu erhöhen.

25

Hiervon ausgehend besteht ein weitergehender Bedarf, ein Kraftfahrzeug mit einem Steer-by-Wire-Lenkensystem bei auftretenden Fehlern in oder an dem Lenksystem kontrollierbar zu halten, und so das Risiko für Personenschäden weiter zu reduzieren.

30

Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Steer-by-Wire-Lenkensystem und ein Verfahren zum Betreiben eines Steer-by-Wire-Lenkensystems weiter zu verbessern, und insbesondere eine kosteneffiziente Methode zu finden, um mögliche Fehler bei der Messung grundlegender Parameter in einem Steer-by-Wire-System zu beseitigen.

35

Zur Lösung dieser Aufgabe werden ein Steer-by-Wire-Lenkensystem gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zum Betreiben eines Steer-by-Wire-Lenkensystems gemäß dem nebengeordneten Anspruch vorgeschlagen. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung beschrieben sowie in den Figuren dargestellt.

35

Die vorgeschlagene Lösung sieht ein Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten Teilsystem und einem zweiten Teilsystem vor. Das erste Teilsystem umfasst eine Lenkwelle, eine drehfest an einem Ende der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe, insbesondere ein Lenkrad, einen Feedback-Aktuator, eine Absolutwinkelsensoreinheit zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle und eine Relativwinkelsensoreinheit zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle. Als Relativwinkelsensoreinheit ist insbesondere eine einem Elektromotor des Feedback-Aktuators zugeordnete Rotorpositionssensoreinheit vorgesehen. Das zweite Teilsystem umfasst eine Lenkstellereinheit, ein Koppellement, insbesondere eine Zahnstange, eine Absolutpositionssensoreinheit zur Bestimmung einer absoluten Position des Koppellementes und eine Relativpositionssensoreinheit zur Bestimmung einer relativen Position des Koppellementes. Als Relativpositionssensoreinheit ist insbesondere eine einem Elektromotor der Lenkstellereinheit zugeordnete Rotorpositionssensoreinheit vorgesehen. Erfindungsgemäß sind bei dem Steer-by-Wire-Lenksystem das erste Teilsystem und das zweite Teilsystem über eine Kommunikationsverbindung miteinander verbunden, wobei die Kommunikationsverbindung eingerichtet ist, Sensordaten von dem ersten Teilsystem an das zweite Teilsystem zu übertragen und Sensordaten von dem zweiten Teilsystem an das erste Teilsystem zu übertragen. Vorteilhafterweise ist durch diese Ausgestaltung der Austausch von Sensordaten zwischen den Teilsystemen verbessert, wobei vorteilhafterweise insbesondere bei einem Ausfall eines der Teilsysteme Sensordaten dem noch funktionsfähigen Teilsystem verbessert bereitstellbar sind. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Kommunikationsverbindung redundant ausgebildet ist.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung umfasst das Steer-by-Wire-Lenksystem ein drittes Teilsystem, wobei das dritte Teilsystem eine Schnittstelle zu einem Backup-Lenksystem aufweist, und wobei die Kommunikationsverbindung vorteilhafterweise weiter eingerichtet ist, Sensordaten von dem ersten Teilsystem und/oder von dem zweiten Teilsystem an das dritte Teilsystem zu übertragen. Die Schnittstelle ist dabei vorteilhafterweise eingerichtet, an das dritte Teilsystem übertragene Sensordaten an das Backup-Lenksystem zu übertragen. Vorteilhafterweise wird das Backup-Lenksystem durch eine oder vorzugsweise mehrere Fahrzeugbaugruppe gebildet, die abweichend von der originären Aufgabe zur Umsetzung einer Lenkvorgabe eingesetzt werden. Insbesondere kann ein entsprechend angesteuertes Bremssystem und/oder ein entsprechend angesteuertes Antriebssystem und/oder ein entsprechend angesteuertes aktives Fahrwerk von dem Backup-Lenksystem umfasst sein. Bei einem Ausfall des Steer-by-Wire-Lenksystems, der ein Lenken eines Kraftfahrzeugs mittels des Backup-Lenksystems erforderlich macht, können für ein Lenken des Kraftfahrzeugs relevante

Sensordaten dabei vorteilhafterweise über die Kommunikationsverbindung an das dritte Teilsystem und somit an das Backup-Lenksystem übertragen und somit die Funktionsfähigkeit des Backup-Lenksystems verbessert werden. Insbesondere ist ein Gesamtlensystem vorgesehen, das das Steer-by-Wire-Lenksystem und das Backup-Lenksystem umfasst, wobei bei dieser Ausgestaltung das dritte Teilsystem von dem Gesamtlensystem umfasst ist und insbesondere das Backup-Lenksystem umfasst. Dieses Gesamtlensystem kann dabei insbesondere als erfindungsgemäßes Steer-by-Wire-Lenksystem mit ergänztem Backup-Lenksystem ausgebildet sein.

10 Insbesondere sieht eine Ausgestaltungsvariante vor, dass den Teilsystemen jeweils eine Steuereinheit, insbesondere eine ECU (ECU: Electronic Control Unit), zugeordnet ist. Dabei kann entweder jedes Teilsystem eine Steuereinheit umfassen. Eine vorteilhafterweise Ausgestaltung sieht aber eine zentrale Steuereinheit vor, wobei Sub-Steuereinheiten dieser zentralen Steuereinheit den Teilsystemen jeweils als Steuereinheit zugeordnet sind.

15 Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Steer-by-Wire-Lenksystems sieht vor, dass die Kommunikationsverbindung durch ein Fahrzeugkommunikationsnetzwerk, insbesondere CAN (CAN: Controller Area Network) und/oder durch einen privaten Kommunikationskanal zwischen den Teilsystemen realisiert ist. Insbesondere ist vorgesehen, dass eine High-Level-Kommunikationsverbindung als Kommunikationsverbindung genutzt wird. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Kommunikationsverbindung wenigstens auf einer Layer-2-Ebene bezogen auf das ISO/OSI-Referenzmodell realisiert ist. Vorzugsweise ist die Kommunikationsverbindung leitungsgebunden realisiert. Gemäß einer Ausgestaltungsvariante ist aber auch eine vollständige oder teilweise drahtlos ausgebildete Kommunikationsverbindung, insbesondere eine Funkverbindung, vorgesehen.

Weiter vorteilhaft ist das zweite Teilsystem des Steer-by-Wire-Lenksystems, insbesondere die Lenkstellereinheit des zweiten Teilsystems, ausgebildet, von der von dem ersten Teilsystem umfassten Absolutwinkelsensoreinheit bereitgestellte Winkelmesswerte zu empfangen, insbesondere über eine erste direkte Kommunikationsschnittstelle zu der Absolutwinkelsensoreinheit. Vorteilhafterweise werden dabei von der Absolutwinkelsensoreinheit erfasste Winkelmesswerte direkt an das zweite Teilsystem, insbesondere direkt an die Lenkstellereinheit, insbesondere an eine der Lenkstellereinheit zugeordnete Steuereinheit, übertragen. Insbesondere ist die Absolutwinkelsensoreinheit dabei direkt mit dem zweiten Teilsystem verdrahtet. Vorteilhafterweise ist das zweite Teilsystem somit ausgebildet, für ein

Einstellen eines korrekten Radlenkwinkels erforderliche Lenkinformationen direkt zu empfangen. Insbesondere ist als Ausgestaltungsvariante vorgesehen, dass die erste Kommunikationsschnittstelle nicht von der Kommunikationsverbindung umfasst ist, sondern separat ausgebildet ist.

5 Das zweite Teilsystem, insbesondere die Lenkstellereinheit, ist vorteilhafterweise weiter ausgebildet, der Absolutwinkelsensoreinheit die für den Betrieb benötigte Energie bereitzustellen, vorteilhafterweise über die direkte Verbindung, insbesondere über die erste direkte Kommunikationsschnittstelle. Vorteilhafterweise wird dabei von dem zweiten Teilsystem  
10 gesteuert eine für den Betrieb der Absolutwinkelsensoreinheit erforderliche Spannung bereitgestellt. Insofern ist die Absolutwinkelsensoreinheit vorteilhafterweise nicht auf eine Energieversorgung durch das erste Teilsystem angewiesen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Steer-by-Wire-Lenksystems ist das erste  
15 Teilsystem ausgebildet, von der Absolutpositionssensoreinheit bereitgestellte Positionsmesswerte zu empfangen, insbesondere über eine zweite direkte Kommunikationsschnittstelle zu der Absolutpositionssensoreinheit. Aus diesen Positionsmesswerten ergibt sich insbesondere die absolute Position des Koppel-elementes des zweiten Teilsystems und damit letztlich ein eingestellter Radlenkwinkel von gelenkten Rädern des  
20 Kraftfahrzeugs. Vorteilhafterweise werden von der Absolutpositionssensoreinheit erfasste Positionsmesswerte dabei direkt an das erste Teilsystem, insbesondere direkt an den Feedback-Aktuator, weiter insbesondere direkt an eine dem ersten Teilsystem zugeordnete Steuereinheit, übertragen. Insbesondere ist die Absolutpositionssensoreinheit dabei direkt mit dem zweiten Teilsystem verdrahtet. Vorteilhafterweise ist das erste Teilsystem somit ausgebildet,  
25 Positionsmesswerte bezüglich einer konkreten Position des Koppel-elementes, und somit insbesondere Informationen bezüglich eines eingestellten Radlenkwinkels, direkt zu empfangen. Insbesondere ist als Ausgestaltungsvariante vorgesehen, dass die zweite Kommunikationsschnittstelle nicht von der Kommunikationsverbindung umfasst ist, sondern separat ausgebildet ist. Weiter insbesondere können die erste Kommunikationsschnittstelle und  
30 die zweite Kommunikationsschnittstelle einem gemeinsamen Kommunikationskanal zugeordnet sein.

Vorteilhafterweise ist das erste Teilsystem ausgebildet, der Absolutpositionssensoreinheit die für den Betrieb benötigte Energie bereitzustellen, vorteilhafterweise über die direkte Verbindung,  
35 insbesondere über die zweite direkte Kommunikationsschnittstelle. Insbesondere wird dabei von

dem ersten Teilsystem gesteuert eine für den Betrieb der Absolutpositionssensoreinheit erforderliche Spannung bereitgestellt. Insofern ist die Absolutpositionssensoreinheit vorteilhafterweise nicht auf eine Energieversorgung durch das zweite Teilsystem angewiesen.

5 Erfindungsgemäß ist das Steer-by-Wire-Lenksystem für einen Betrieb in einem Kraftfahrzeug in unterschiedlichen Betriebsmodi ausgebildet. Das Steer-by-Wire-Lenksystem ist in einem ersten Betriebsmodus für einen fehlerfreien Betrieb des Steer-by-Wire-Systems eingerichtet. Dieser erste Betriebsmodus ist dabei der Normalbetriebsmodus, in dem üblicherweise das Steer-by-Wire-Lenksystem betrieben wird.

10

Weiter ist das Steer-by-Wire-Lenksystem in einem zweiten Betriebsmodus für einen Betrieb bei einem Ausfall, insbesondere einem vollständigen Ausfall, des ersten Teilsystems eingerichtet. Dieser zweite Betriebsmodus sieht vorteilhafterweise vor, dass das Steer-by-Wire-Lenksystem ein Kraftfahrzeug weiter unter Nutzung des zweiten Teilsystems lenkt, auch wenn das erste

15 Teilsystem ausgefallen ist.

Weiter ist das Steer-by-Wire-Lenksystem in einem dritten Betriebsmodus für einen Betrieb bei einem Ausfall, insbesondere einem vollständigen Ausfall, des zweiten Teilsystems, insbesondere der Lenkstellereinheit des zweiten Teilsystems, ausgebildet. Dieser dritte Betriebsmodus sieht  
20 vorteilhafterweise vor, dass das Steer-by-Wire-Lenksystem ein Kraftfahrzeug unter Nutzung eines Backup-Lenksystems lenkt, wenn das zweite Teilsystem, insbesondere die Lenkstellereinheit, ausgefallen ist. Vorteilhafterweise werden dem Backup-Lenksystem dabei von Sensoren des ersten Teilsystems und des zweiten Teilsystems erfasste Sensordaten von dem ersten Teilsystem zur Verfügung gestellt, insbesondere Informationen bezüglich eines  
25 absoluten Winkels der Lenkwelle und Informationen bezüglich einer absoluten Position des Koppелеlementes.

Das des Weiteren vorgeschlagene Verfahren zum Betreiben eines erfindungsgemäß ausgebildeten Steer-by-Wire-Lenksystems in einem Kraftfahrzeug, also einem nach einem der  
30 Ansprüche 1 bis 9 ausgebildeten Steer-by-Wire-Lenksystem in einem Kraftfahrzeug, sieht vor, dass in einem ersten für einen fehlerfreien Betrieb eingerichteten Betriebsmodus das zweite Teilsystem einen von der Absolutwinkelsensoreinheit bereitgestellten Winkelmesswert erfasst, das zweite Teilsystem den erfassten Winkelmesswert in eine entsprechende Winkelinformation umwandelt, und das zweite Teilsystem die Winkelinformation über die  
35 Kommunikationsverbindung dem ersten Teilsystem bereitstellt. Ergänzend wird die



Winkelinformation vorteilhafterweise auch dem dritten Teilsystem bereitgestellt. Die Winkelinformationen sind dabei insbesondere Sensordaten im Sinne der vorliegenden Erfindung. Das erste Teilsystem des Steer-by-Wire-Lenksystems umfasst dabei insbesondere eine Lenkwelle, eine drehfest an einem Ende der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe, einen Feedback-Aktuator, eine Absolutwinkelsensoreinheit zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle und eine Relativwinkelsensoreinheit zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle. Das zweite Teilsystem umfasst insbesondere eine Lenkstellereinheit, ein Koppellement, eine Absolutpositionssensoreinheit zur Bestimmung einer absoluten Position des Koppellementes und eine Relativpositionssensoreinheit zur Bestimmung einer relativen Position des Koppellementes. Das dritte Teilsystem umfasst insbesondere eine Schnittstelle zu einem Backup-Lenksystem, wobei das Backup-Lenksystem insbesondere durch eine Ansteuerung von aktiven Fahrzeugkomponenten realisiert wird, insbesondere durch eine Ansteuerung von den Rädern des Kraftfahrzeugs zugeordneten Bremsen, von Antriebseinheiten und/oder von aktiven Fahrwerkskomponenten. Dadurch, dass das zweite Teilsystem einen von der Absolutwinkelsensoreinheit bereitgestellten Winkelmesswert erfasst, steht dieser Winkelmesswert vorteilhafterweise dem zweiten Teilsystem auch bei einem zumindest teilweisen Ausfall des ersten Teilsystems zur Verfügung. In einem fehlerfreien Normalbetrieb verarbeitet das erste Teilsystem vorteilhafterweise die an das erste Teilsystem über die Kommunikationsverbindung übertragene Winkelinformation.

Insbesondere ist vorgesehen, dass das erste Teilsystem die über die Kommunikationsverbindung bereitgestellte Winkelinformation erfasst und aus dieser Winkelinformation und einem mittels der Relativwinkelsensoreinheit erfassten relativen Winkel der Lenkwelle einen absoluten Lenkwellenwinkel bestimmt. Diese Bestimmung des absoluten Lenkwellenwinkels erfolgt vorteilhafterweise bei einer (Wieder-)Inbetriebnahme, um den absoluten Lenkwellenwinkel initial zu bestimmen. Für den weiteren Betrieb ist insbesondere vorgesehen, dass eine Bestimmung des absoluten Lenkwellenwinkels zumindest alternativ auch unter Berücksichtigung des initial bestimmten absoluten Lenkwellenwinkels und einem erfassten relativen Winkel der Lenkwelle ermittelt wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung erfasst in dem ersten für einen fehlerfreien Betrieb eingerichteten Betriebsmodus das erste Teilsystem einen von der Absolutpositionssensoreinheit bereitgestellten Positionsmesswert, wobei das erste Teilsystem den erfassten Positionsmesswert vorteilhafterweise in eine entsprechende Positionsinformation bezüglich einer Position des Koppellementes umwandelt, wobei das erste Teilsystem

vorteilhafterweise die Positionsinformation über die Kommunikationsverbindung dem zweiten Teilsystem bereitstellt. Ergänzend wird die Positionsinformation vorteilhafterweise auch dem dritten Teilsystem bereitgestellt. Die Positionsinformationen sind dabei insbesondere Sensordaten im Sinne der vorliegenden Erfindung. Vorteilhafterweise stehen die

5 Positionsmesswerte so dem ersten Teilsystem auch bei einem zumindest teilweisen Ausfall des zweiten Lenksystems zur Verfügung, und können insbesondere als Positionsinformationen dem dritten Teilsystem und somit insbesondere einem Backup-Lenksystem des Kraftfahrzeugs zur Verfügung gestellt werden, sodass vorteilhafterweise ein verbessertes Manövrieren des Kraftfahrzeugs unter Nutzung des Backup-Lenksystems bei einem Ausfall des zweiten

10 Lenksystems ermöglicht ist.

Insbesondere ist vorgesehen, dass das zweite Teilsystem, insbesondere die Lenkstellereinheit des zweiten Teilsystems, weiter insbesondere eine der Lenkstellereinheit zugeordnete Auswerteeinheit, die über die Kommunikationsverbindung bereitgestellte Positionsinformation

15 erfasst, und vorteilhafterweise aus dieser Positionsinformation und einer mittels einer Relativpositionssensoreinheit erfassten relativen Position des Koppel-elementes eine absolute Koppel-elementposition bestimmt. Diese Bestimmung der absoluten Koppel-elementposition erfolgt vorteilhafterweise bei einer (Wieder-)Inbetriebnahme des Steer-by-Wire-Lenksystems, um die absolute Koppel-elementposition initial zu bestimmen. Für den weiteren Betrieb ist

20 insbesondere vorgesehen, dass eine Bestimmung der absoluten Koppel-elementposition zumindest alternativ auch unter Berücksichtigung der initial bestimmten absoluten Koppel-elementposition und einer erfassten relativen Position des Koppel-elementes ermittelt wird.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, dass in einem dritten Betriebsmodus, in dem wegen eines Fehlers in dem zweiten Teilsystem das Kraftfahrzeug mittels eines Backup-Lenksystems gelenkt wird, das erste Teilsystem einen absoluten Winkel der Lenkwelle basierend auf einem mittels der Relativwinkelsensoreinheit erfassten relativen Winkel der Lenkwelle und einem zuvor bestimmten absoluten Lenkwellenwinkel bestimmt, dieser bestimmte absolute Winkel der Lenkwelle zusammen mit der umgewandelten

25 Positionsinformation dem dritten Teilsystem vorteilhafterweise bereitgestellt wird, wobei die Schnittstelle des dritten Teilsystems den bestimmten absoluten Winkel und die Positionsinformation vorteilhafterweise an das Backup-Lenksystem weiterleitet. Der absolute Lenkwellenwinkel wurde dabei insbesondere während eines fehlerfreien Betriebs bestimmt. Die an das dritte Teilsystem übertragenen Informationen, insbesondere der absolute Winkel der

30 Lenkwelle und die Positionsinformation sind insbesondere Sensordaten im Sinne der

35

vorliegenden Erfindung. Mittels der so übertragenen Sensordaten ist das Backup-Lenksystem vorteilhafterweise verbessert eingerichtet, das Kraftfahrzeug gemäß einer Lenkvorgabe zu manövrieren.

- 5 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass in einem zweiten Betriebsmodus, in dem wegen eines Fehlers in dem ersten Teilsystem das erste Teilsystem keine Positionsinformation bereitstellen kann, das zweite Teilsystem die absolute Koppellementposition basierend auf einer mittels der Relativpositionssensoreinheit erfassten relativen Position des Koppellementes und einer zuvor bestimmten absoluten
- 10 Koppellementposition bestimmt, wobei eine Information bezüglich eines absoluten Winkels der Lenkwelle direkt von der Absolutwinkelsensoreinheit erfasst wird. Die absolute Koppellementposition wurde dabei insbesondere während eines fehlerfreien Betriebs bestimmt. Vorteilhafterweise bleibt ein Kraftfahrzeug so auch bei einem Auftreten eines schwerwiegenden Fehlers in dem ersten Teilsystem mittels des zweiten Teilsystems lenkbar.

15

Vorteilhafterweise ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung ein vorgeschlagenes Steer-by-Wire-Lenksystem weiter für einen Betrieb gemäß einem erfindungsgemäß ausgestalteten Verfahren ausgebildet.

- 20 Weitere vorteilhafte Einzelheiten, Merkmale und Ausgestaltungsdetails der Erfindung werden im Zusammenhang mit den in den Figuren (Fig.: Figur) dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 in einer vereinfachten perspektivischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel für ein

25 erfindungsgemäß ausgebildetes Steer-by-Wire-Lenksystem;

Fig. 2 in einer vereinfachten schematischen Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäß ausgebildetes Steer-by-Wire-Lenksystem; und

30 Fig. 3 in einer Blockschaltdarstellung ein Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäß ausgebildetes Verfahren zum Betreiben eines Steer-by-Wire-Lenksystems.

In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile in der Regel mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher mitunter auch jeweils nur im Zusammenhang mit einer der Figuren

35 erläutert.

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäß ausgebildetes Steer-by-Wire-Lenkensystem 1 für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten Teilsystem 101 und einem zweiten Teilsystem 102 dargestellt. Das erste Teilsystems 101 des Steer-by-Wire-Lenkensystems 1 umfasst eine Lenksäule mit einer Lenkwelle 2 und einem Feedback-Aktuator 5. An einem Ende der Lenkwelle 2 ist eine als Lenkrad ausgebildete Lenkhandhabe 3 drehfest angeordnet. Über die Lenkhandhabe 3 kann ein Fahrzeugnutzer einen Lenkbefehl vorgeben. Der Feedback-Aktuator 5 ist ausgebildet, ein Drehmoment beziehungsweise ein Lenkwiderstands-Drehmoment auf die Lenkwelle 2 auszuüben, insbesondere zur Vermittlung eines Lenkgefühls. Dieses Lenkwiderstands-Drehmoment ist von einem Fahrzeugnutzer des Kraftfahrzeugs über die Lenkhandhabe 3 als Lenkwiderstand wahrnehmbar.

Die Lenkhandhabe 3 des Steer-by-Wire-Lenkensystems 1 lässt sich in bekannter Weise drehen, um einen Lenkbefehl in die Lenkwelle 2 einzubringen, der sensorisch erfasst wird. Dazu umfasst das erste Teilsystem 101 in diesem Ausführungsbeispiel eine der Lenkwelle 2 zugeordnete Absolutwinkelsensoreinheit 7, die ausgebildet ist, einen mittels der Lenkhandhabe 3 eingestellten Winkel als absoluten Lenkwinkel der Lenkwelle 2 zu erfassen. Zudem ist einem Elektromotor 6 des Feedback-Aktuators 5 des ersten Teilsystems 101 eine Relativwinkelsensoreinheit 4 zugeordnet, wobei die Relativwinkelsensoreinheit 4 in diesem Ausführungsbeispiel ein Rotorpositionssensor ist. Mittels des Rotorpositionssensors lässt sich der relative Lenkwinkel der Lenkwelle 2 erfassen.

Das zweite Teilsystem 102 des Steer-by-Wire-Lenkensystems 1 umfasst eine Lenkstellereinheit 9. Die Lenkstellereinheit 9 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel ein Lenkritzelt 11 und einen das Lenkritzelt 11 antreibenden Elektromotor 10. Durch entsprechende Ansteuerung der Lenkstellereinheit 9 wird das Lenkritzelt 11 zur Umsetzung eines Lenkbefehls in eine Lenkbewegung der lenkbaren Räder 14 von dem Elektromotor 10 angetrieben. Dabei wirkt die Lenkstellereinheit 9 mittels des Elektromotors 10 über das Lenkritzelt 11 auf ein als Zahnstange ausgebildetes Koppellement 12 und löst so eine Lenkbewegung der lenkbaren Räder 14 eines Kraftfahrzeugs aus, die insbesondere über Spurstangen 13 mit dem Koppellement 12 verbunden sind. Die Spurstangen 13 selbst sind in bekannter Weise über Achsschenkel mit je einem gelenkten Rad 14 verbunden. Das zweite Teilsystem 102 umfasst des Weiteren eine Absolutpositionssensoreinheit 15 zur Bestimmung einer absoluten Position des Koppellementes 12 und eine Relativpositionssensoreinheit 16 zur Bestimmung einer relativen Position des

Koppelementes 12. Als Relativpositionssensoreinheit 16 wird in diesem Ausführungsbeispiel ein dem Elektromotor 10 der Lenkstellereinheit 9 zugeordneter Rotorpositionssensor genutzt.

Die Lenkstellereinheit 9 des zweiten Teilsystems 102 stellt in diesem Ausführungsbeispiel die für den Betrieb der von dem ersten Teilsystem 101 umfassten Absolutwinkelsensoreinheit 7 notwendige Energie bereit und empfängt direkt die Winkelmesswerte, die die Absolutwinkelsensoreinheit 7 liefert. Dazu ist die Lenkstellereinheit 9 über eine erste direkte Kommunikationsschnittstelle 34, die von dem Kommunikationskanal 18 umfasst ist, mit der Absolutwinkelsensoreinheit 7 verbunden. Für die Übertragung der Winkelmesswerte wird vorteilhafterweise als Kommunikationsprotokoll SENT oder SPC verwendet. Die Winkelmesswerte werden dann von dem zweiten Teilsystem 102 beziehungsweise von einer dem zweiten Teilsystem 102 zugeordneten Steuereinheit in entsprechende Winkelinformationen umgewandelt, und über eine High-Level-Kommunikationsverbindung 20 an das erste Teilsystem 101 übertragen, wobei das erste Teilsystem 101 insbesondere eine dem ersten Teilsystem 101 zugeordnete Steuereinheit die empfangene Winkelinformation 31 zusammen mit einem von der Relativwinkelsensoreinheit 4 bereitgestellten Messwert einen absoluten Lenkwellenwinkel bestimmt.

In ähnlicher Weise stellt das erste Teilsystem 101, insbesondere der Feedback-Aktuator 5 des ersten Teilsystems 101, in diesem Ausführungsbeispiel die für den Betrieb der Absolutpositionssensoreinheit 15 notwendige Energie bereit und empfängt direkt die Positionsmesswerte, die die Absolutpositionssensoreinheit 15 liefert. Dazu ist der Feedback-Aktuator 5 über eine zweite direkte Kommunikationsschnittstelle 35, die ebenfalls von dem Kommunikationskanal 18 umfasst ist, mit der Absolutwinkelsensoreinheit 7 verbunden. Für die Übertragung der Positionsmesswerte wird vorteilhafterweise als Kommunikationsprotokoll SENT oder SPC verwendet. Die Positionsmesswerte werden dann von dem ersten Teilsystem 101 beziehungsweise von einer dem ersten Teilsystem 101 zugeordneten Steuereinheit in entsprechende Positionsinformationen 32 umgewandelt, und über die High-Level-Kommunikationsverbindung 20 an das zweite Teilsystem 102 übertragen.

Die Kommunikationsverbindung 20 verbindet also das erste Teilsystem 101 und das zweite Teilsystem 102 miteinander, wobei über die Kommunikationsverbindung 20 insbesondere die von dem ersten Teilsystem 101 bestimmten Positionsinformationen 32 an das zweite Teilsystem 102 übertragen werden und die von dem zweiten Teilsystem 102 bestimmten Winkelinformationen 31 an das erste Teilsystem 101 übertragen werden.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäß ausgebildetes Steer-by-Wire-Lenkensystem 1 zeigt Fig. 2. Das Steer-by-Wire-Lenkensystem 1 umfasst ein erstes Teilsystem 101, ein zweites Teilsystem 102 und ein drittes Teilsystem 103. Das erste Teilsystem 101 weist eine  
5 Lenkwelle 2, eine drehfest an einem Ende der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe 3, einen Feedback-Aktuator 5, eine Absolutwinkelsensoreinheit 7 zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle 2 und eine Relativwinkelsensoreinheit 4 zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle 2 auf. Das zweite Teilsystem 102 weist eine  
10 Lenkstellereinheit 9, ein Koppellement 12, eine Absolutpositionssensoreinheit 15 zur Bestimmung einer absoluten Position des Koppellementes 12 und eine Relativpositionssensoreinheit 16 zur Bestimmung einer relativen Position des Koppellementes 12 auf. Das dritte Teilsystem 103 weist eine Schnittstelle 19 zu einem Backup-Lenkensystem 200 auf, wobei die Schnittstelle 19 zur Übertragung von Daten an das Backup-Lenkensystem 200 ausgebildet ist.

15 Das Backup-Lenkensystem 200 umfasst ein Bremssystem 201, ein Antriebssystem 202 und ein aktives Fahrwerkssystem 203, wobei das Backup-Lenkensystem 200 eine gezielte Ansteuerung von Komponenten der Systeme 201, 202, 203 nutzt, um das Kraftfahrzeug bei einem Ausfall des zweiten Teilsystems 202 eine gezielte Lenkbewegung ausführen zu lassen.

20 Das in Fig. 2 dargestellte Lenksystem kann auch als ein Gesamtlenkensystem 1' angesehen werden, wobei das Gesamtlenkensystem 1' das Steer-by-Wire-Lenkensystem 1 und das Backup-Lenkensystem 200 umfasst und somit das erste Teilsystem 101, das zweite Teilsystem 102 und das dritte Teilsystem 103 umfasst.

25 Bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel sind das erste Teilsystem 101, das zweite Teilsystem 102 und das dritte Teilsystem 103 über eine Kommunikationsverbindung 20, die insbesondere redundant ausgebildet sein kann, für einen Datenaustausch miteinander verbunden. Diese Kommunikationsverbindung 20 ist in diesem Ausführungsbeispiel derart  
30 ausgestaltet, dass das erste Teilsystem 101 und das zweite Teilsystem 102 über einen privaten Kommunikationskanal 21 miteinander verbunden sind und darüber hinaus das erste Teilsystem 101, das zweite Teilsystem 102 und das dritte Teilsystem 103 über ein Fahrzeugkommunikationsnetzwerk 22 miteinander verbunden sind. Die Kommunikationsverbindung 20 ist insofern bezogen auf das ISO/OSI-Modell oberhalb der ersten  
35 Schicht angeordnet.

Das Steer-by-Wire-Lenksystem 1 erfordert für einen korrekten Betrieb absolute Werte, das heißt Werte, die auf ein fixes Bezugssystem bezogen werden, beispielsweise die Neutralstellung der Lenkhandhabe als 0° Lenkwinkel der Lenkwelle 2. Der Feedback-Aktuator 5 ohne Absolutwinkelsensoreinheit 7 ist ausgebildet, eine relative Messung vorzunehmen, indem er beispielsweise seinen Sensor für die Rotorposition des Servomotors als Relativwinkelsensoreinheit 4 verwendet. Um diese Werte nutzen zu können, ist aber eine Absolutwinkelsensoreinheit für einen anfänglichen Abgleich erforderlich. Sobald ein bestehender Offset zwischen dem absolut bestimmten Winkel und dem relativ bestimmten Winkel bestimmt ist, kann der Aktuator die Änderungen der Signalgröße anhand der Motorbewegungen allein bestimmen. Das bedeutet, dass der Feedback-Aktuator nach der Initialisierungsphase einen absoluten Winkel ohne eine Absolutwinkelsensoreinheit bestimmen kann.

Da die Absolutwinkelsensoreinheit 7 somit nur für die Initialisierung benötigt wird, insbesondere bei einem Starten des Kraftfahrzeugs, ist die Absolutwinkelsensoreinheit 7 in diesem Ausführungsbeispiel von dem ersten Teilsystem 101, insbesondere von dem Feedback-Aktuator 5, entkoppelt und über eine erste Kommunikationsschnittstelle 34 direkt mit dem zweiten Teilsystem 102, insbesondere direkt mit der Lenkstellereinheit 9 des zweiten Teilsystems 102, verbunden. Während einer Initialisierungsphase überträgt das zweite Teilsystem 102, insbesondere die Lenkstellereinheit 9, einen gemessenen Absolutwert für den anfänglichen Abgleich zwischen absolutem und relativem Winkel über den privaten Kommunikationskanal 21 an das erste Teilsystem 101, insbesondere den Feedback-Aktuator 5. Wenn der Feedback-Aktuator 5, der das Hauptsignal über seinen Rotorpositionssensor als Relativwinkelsensoreinheit 4 liefert, ausfällt, liefert die Lenkstellereinheit 9 die erforderlichen Eingaben weiterhin direkt von dem Absolutwertgeber, also der Absolutwinkelsensoreinheit 7.

Gleiches gilt in entsprechender Weise für die Bestimmung der Position des Koppel-elementes 12. Die Lenkstellereinheit 9 ohne Absolutpositionssensoreinheit 15 ist ausgebildet, eine relative Messung vorzunehmen, indem diese beispielsweise einen Sensor für die Rotorposition des Servomotors als Relativpositionssensoreinheit 16 verwendet. Auch hier gilt, dass eine Absolutpositionssensoreinheit 15 für einen anfänglichen Abgleich erforderlich ist, um die Werte der Relativpositionssensoreinheit 16 nutzen zu können. Sobald ein bestehender Offset zwischen der absolut bestimmten Position des Koppel-elementes 12 und der relativ bestimmten Position des Koppel-elementes 12 bestimmt ist, kann die Lenkstellereinheit die Änderungen der Position anhand der Motorbewegungen allein bestimmen. Die Lenkstellereinheit 9 ist somit ausgebildet,

nach der Initialisierungsphase eine absolute Position ohne die Absolutpositionssensoreinheit 15 zu bestimmen.

Da die Absolutpositionssensoreinheit 15 somit nur für die Initialisierung benötigt wird, insbesondere bei einem Starten des Kraftfahrzeugs, ist die Absolutpositionssensoreinheit 15 in diesem Ausführungsbeispiel von dem zweiten Teilsystem 102, insbesondere von der Lenkstellereinheit 9, entkoppelt und über eine zweite direkte Kommunikationsschnittstelle 35 direkt mit dem ersten Teilsystem 101, insbesondere dem Feedback-Aktuator 5 des ersten Teilsystems 101, verbunden. Während einer Initialisierungsphase überträgt das erste Teilsystem 101, insbesondere der Feedback-Aktuator 5, einen gemessenen Absolutwert für den anfänglichen Abgleich zwischen absoluter und relativer Position über den privaten Kommunikationskanal 21 an das zweite Teilsystem 101, insbesondere die Lenkstellereinheit 9. Wenn die Lenkstellereinheit 9, die auch das Hauptsignal über ihren Rotorpositionssensor als Relativpositionssensoreinheit 16 liefert, ausfällt, liefert das erste Teilsystem 101 die erforderlichen Eingaben weiterhin direkt von dem Absolutwertgeber, also der Absolutpositionssensoreinheit 15. Die für ein Lenken des Kraftfahrzeugs notwendigen Signale werden dann vorteilhafterweise über das Fahrzeugkommunikationsnetzwerk 22 an das dritte Teilsystem 103 und somit an das Backup-Lenkensystem 200 übertragen.

Für einen Betrieb des Steer-by-Wire-Lenkensystems 1 im fehlerfreien Fall ist vorgesehen, dass die Lenkstellereinheit 9 des zweiten Teilsystems 102 absolute, auf den mittels der Lenkhandhabe eingestellte Winkel der Lenkwelle bezogene Messwerte von der Absolutwinkelsensoreinheit 7 liest, diese in korrekte Winkelinformationen umwandelt und das Ergebnis über den privaten Kommunikationskanal 21 und das Fahrzeugkommunikationsnetzwerk 22 zur Verfügung stellt.

In der Zwischenzeit liest das erste Teilsystem 101, insbesondere der Feedback-Aktuator 5, absolute, auf die absolute Position des Koppellements 12 bezogene Messwerte von der Absolutpositionssensoreinheit 15, wandelt diese in geeignete Positionsinformationen um und stellt das Ergebnis über den privaten Kommunikationskanal 21 und Fahrzeugkommunikationsnetzwerk 22 zur Verfügung.

Das zweite Teilsystem 102, insbesondere die Lenkstellereinheit 9, liest die absoluten Positionsinformationen von dem privaten Kommunikationskanal 21 und/oder dem Fahrzeugkommunikationsnetzwerk 22 und gleicht die von dem zweiten Teilsystem 102 durchgeführte relative Positionsmessung, die auf Messwerten des Rotorpositionssensors 16



basiert, ab, und erhält so Positionsdaten bezüglich der absoluten Position des Koppel-elementes, und somit insbesondere Daten bezüglich eines eingestellten Radlenkwinkels der lenkbaren Räder 14, mit besserer Qualität, was auf die hohe Auflösung der Rotorpositionsmessung zurückzuführen ist.

5  
Das erste Teilsystem 101, insbesondere der Feedback-Aktuator 5, liest die absoluten Winkelinformationen bezüglich eines eingestellten Lenkwinkels der Lenkwelle 2 über den privaten Kommunikationskanal 21 und/oder über das Fahrzeugkommunikationsnetzwerk 22 und gleicht diese mit den von dem ersten Teilsystem 101 durchgeführten relativen Winkelmessungen ab, die  
10 auf den von dem dem Elektromotor 6 des Feedback-Aktuators 5 zugeordneten Rotorpositionssensor als Relativwinkelsensoreinheit<sup>4</sup> erfassten Messwerten basieren. Auf diese Weise bestimmt das erste Teilsystem absolute Winkelinformationen bezüglich eines eingestellten Lenkwinkels der Lenkwelle 2 mit besserer Qualität, was auf die hohe Auflösung der Rotorpositionsmessung zurückzuführen ist.

15  
Auf diese Weise erhalten das erste Teilsystem 101 und das zweite Teilsystem 102, insbesondere der Feedback-Aktuator 5 und die Lenkstellereinheit 9, die richtigen absoluten Informationen bezüglich des Winkels der Lenkwelle 2 beziehungsweise bezüglich der Position des Koppel-elementes 12. Mittels der Lenkhandhabe 3 kann dann ein eine Lenkvorgabe eingestellt  
20 werden.

Bei einem Ausfall des ersten Teilsystems 101 kann das erste Teilsystem 101 keine absoluten Lenkradwinkelinformationen mehr liefern, aber das zweite Teilsystem, insbesondere die Lenkstellereinheit 9, kann weiterhin betrieben werden, weil die für den Betrieb erforderlichen  
25 Informationen weiterhin bereitgestellt werden können. So sind absolute Positionsinformationen bezüglich der Position des Koppel-elementes 12 mittels des als Relativpositionssensoreinheit 16 genutzten Rotorpositionssensors verfügbar, wobei der notwendige Abgleich zwischen absolutem Positionsmesswert und relativem Positionsmesswert bereits im fehlerfreien Betrieb beim Start durchgeführt wurde. Die Informationen bezüglich des absoluten Winkels der Lenkwelle 2 werden  
30 zudem direkt von der Absolutwinkelsensoreinheit 7 bereitgestellt. Ein Radlenkwinkel der gelenkten Räder 14 kann so gemäß einer Vorgabe weiterhin mittels der Lenkstellereinheit 9 eingestellt werden.

Bei einem Ausfall des zweiten Teilsystems 102, und somit einem Ausfall der Lenkstellereinheit 9,  
35 kann ein Radlenkwinkel der lenkbaren Räder 14 nicht mehr über die Lenkstellereinheit 9 zur

Umsetzung einer Lenkvorgabe eingestellt werden. Die Umsetzung einer Lenkvorgabe erfolgt nun durch ein Backup-Lenkssystem 200, wobei insbesondere durch ein gezieltes Abbremsen einzelner Räder und/oder ein gezieltes Aufbringen von Antriebsmomenten auf einzelne Räder und/oder durch gezielte Ansteuerung von den Rädern zugeordneten Komponenten eines aktiven Fahrwerks das Kraftfahrzeug manövriert wird. Hierfür benötigt das Backup-Lenkssystem 200 sowohl Informationen bezüglich der Position des Koppellements 12 als Informationen bezüglich des Winkels der Lenkwelle 2 und somit der Lenkhandhabe 3. Diese Informationen werden von dem ersten Teilsystem 101 über das Fahrzeugkommunikationsnetzwerk 22 dem dritten Teilsystem 103 bereitgestellt, wobei die Informationen insbesondere über die Schnittstelle 19 dem Backup-Lenkssystem 200 bereitgestellt werden. Ein absoluter Winkel der Lenkwelle 2 kann das erste Teilsystem 101 dabei auf Grundlage der mittels der Relativwinkelsensoreinheit 4 durchgeführten Messungen bereitstellen, wobei der Abgleich zwischen absolutem und relativem Messwert bereits bei der Inbetriebnahme im fehlerfreien Betrieb vorgenommen wurde. Messwerte bezüglich der absoluten Position des Koppellements 12 erfasst das erste Teilsystem 101 weiterhin über die Absolutpositionssensoreinheit 15, wobei das erste Teilsystem 101 die erfassten Messwerte in absolute Positionsinformationen bezüglich der Position des Koppellements 12 umwandelt, und diese Positionsinformationen als Sensordaten ebenfalls über das Fahrzeugkommunikationsnetzwerk 22 zur Nutzung durch das Backup-Lenkssystem 200 bereitstellt.

20

Unter Bezugnahme auf Fig. 3 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäß ausgebildetes Verfahren zum Betrieb eines Steer-by-Wire-Lenksystems, insbesondere eines Steer-by-Wire-Lenksystems, das wie in Fig. 2 gezeigt ausgebildet sein kann, erläutert. Fig. 3 zeigt dazu ein vereinfachtes Blockschaltbild.

25

Das Verfahren sieht vor, das in einem ersten, für einen fehlerfreien Betrieb eingerichteten Betriebsmodus BM1 das zweite Teilsystem 102 einen von der Absolutwinkelsensoreinheit 7 bereitgestellten Winkelmesswert über eine erste Kommunikationsschnittstelle 34 erfasst (A), den erfassten Winkelmesswert in eine entsprechende Winkelinformation 31 umwandelt (B) und die Winkelinformation 31 über die Kommunikationsverbindung 20 dem ersten Teilsystem 101 bereitstellt (C). Das erste Teilsystem 101 erfasst die über die Kommunikationsverbindung 20 bereitgestellte Winkelinformation 31 (D) und bestimmt aus dieser Winkelinformation 31 und einem mittels der Relativwinkelsensoreinheit 4 erfassten relativen Winkel der Lenkwelle 2 einen absoluten Lenkwellenwinkel (E). Zudem erfasst das erste Teilsystem 101 über eine zweite Kommunikationsschnittstelle 35 einen von der Absolutpositionssensoreinheit 15 bereitgestellten

35

Positionsmesswert (F), wandelt den erfassten Positionsmesswert in eine entsprechende Positionsinformation 32 bezüglich einer Position des Koppel-elementes 12 um (G) und stellt die Positionsinformation 32 über die Kommunikationsverbindung 20 dem zweiten Teilsystem 102 bereit (H). Das zweite Teilsystem 102 erfasst die über die Kommunikationsverbindung 20 bereitgestellte Positionsinformation 32 (K) und bestimmt aus dieser Positionsinformation 32 und einer mittels der Relativpositionssensoreinheit 16 erfassten relativen Position des Koppel-elementes 12 eine absolute Koppel-elementposition (L).

Wird ein Fehler in dem ersten Teilsystem 101 erkannt, sodass insbesondere das erste Teilsystem 101 keine Positionsinformation 32 bereitstellen kann, so wechselt das Steer-by-Wire-Lenksystem in einen zweiten Betriebsmodus BM2 (M). Das zweite Teilsystem 102 bestimmt die absolute Koppel-elementposition basierend auf einer mittels der Relativpositionssensoreinheit 16 erfassten relativen Position des Koppel-elementes 12 und einer zuvor bestimmten absoluten Koppel-elementposition (P). Zudem erfasst das zweite Teilsystem 102 eine Information bezüglich eines absoluten Winkels der Lenkwelle 2 direkt von der Absolutwinkelsensoreinheit 7 über die Kommunikationsverbindung 20. Mit diesen Informationen wird die Lenkstellereinheit 9 des zweiten Teilsystems 102 weiter zu Einstellung eines Radlenkwinkels der gelenkten Räder 14 betrieben (R).

Wird dagegen ein Fehler in dem zweiten Teilsystem 102 erkannt, sodass mittels der Lenkstellereinheit 9 kein Radlenkwinkel mehr eingestellt werden kann, so wechselt das Steer-by-Wire-Lenksystem in einen dritten Betriebsmodus BM3 (N). In diesem dritten Betriebsmodus BM3 bestimmt das erste Teilsystem 101 einen absoluten Winkel der Lenkwelle 2 basierend auf einem mittels der Relativwinkelsensoreinheit 4 erfassten relativen Winkel der Lenkwelle 2 und einem zuvor bestimmten absoluten Lenkwellenwinkel (S). Weiterhin erfasst das erste Teilsystem 101 wie in dem ersten Betriebsmodus BM1 einen von der Absolutpositionssensoreinheit 15 bereitgestellten Positionsmesswert (F') und wandelt den erfassten Positionsmesswert in eine entsprechende Positionsinformation 32 bezüglich einer Position des Koppel-elementes 12 um (G'). Den bestimmten absoluten Winkel 33 der Lenkwelle 2 und die umgewandelte Positionsinformation 32 stellt das erste Teilsystem 101 dann dem dritten Teilsystem 103 bereit (T). Die Schnittstelle 19 des dritten Teilsystems 103 leitet den bestimmten absoluten Winkel 33 und die Positionsinformation 32 an das Backup-Lenksystem (200) weiter (U), das das Kraftfahrzeug unter Berücksichtigung der empfangenen Informationen 32, 33 lenkt (V).

Die in den Figuren dargestellten und im Zusammenhang mit diesen erläuterten Ausführungsbeispiele dienen der Erläuterung der Erfindung und sind für diese nicht beschränkend.

**Bezugszeichenliste**

|    |      |  |
|----|------|--|
|    | 1    | Steer-by-Wire-Lenksystem                         |
|    | 1'   | Gesamtlenksystem                                 |
| 5  | 2    | Lenkwelle  |
|    | 3    | Lenkhandhabe                                     |
|    | 4    | Relativwinkelsensoreinheit                       |
|    | 5    | Feedback-Aktuator                                |
|    | 6    | Elektromotor des Feedback-Aktuators (5)          |
| 10 | 7    | Absolutwinkelsensoreinheit                       |
|    | 8    | Lenkgetriebe                                     |
|    | 9    | Lenkstellereinheit                               |
|    | 10   | Elektromotor der Lenkstellereinheit (9)          |
|    | 11   | Lenkritzel                                       |
| 15 | 12   | Koppelement                                      |
|    | 13   | Spurstange                                       |
|    | 14   | lenkbares Rad                                    |
|    | 15   | Absolutpositionssensoreinheit                    |
|    | 16   | Relativpositionssensoreinheit                    |
| 20 | 18   | direkter Kommunikationskanal                     |
|    | 19   | Schnittstelle                                    |
|    | 20   | Kommunikationsverbindung                         |
|    | 21   | privater Kommunikationskanal                     |
|    | 22   | Fahrzeugkommunikationsnetzwerk                   |
| 25 | 31   | Winkelinformation                                |
|    | 32   | Positionsinformation                             |
|    | 33   | bestimmter absoluter Winkel                      |
|    | 34   | erste direkte Kommunikationsschnittstelle        |
|    | 35   | zweite direkte Kommunikationsschnittstelle       |
| 30 | 101  | erstes Teilsystem                                |
|    | 102  | zweites Teilsystem                               |
|    | 103  | drittes Teilsystem                               |
|    | 103' | drittes Teilsystem (mit Backup-Lenksystem (200)) |
|    | 200  | Backup-Lenksystem                                |
| 35 | 201  | Bremssystem                                      |

- 202 Antriebssystem
- 203 aktives Fahrwerk
- BM1/2/3 erster/zweiter/dritter Betriebsmodus
- A bis V Verfahrensschritte

## Ansprüche

1. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten Teilsystem (101) und einem zweiten Teilsystem (102), wobei das erste Teilsystem (101) eine Lenkwelle (2), eine  
5 drehfest an einem Ende der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe (3), einen Feedback-Aktuator (5), eine Absolutwinkelsensoreinheit (7) zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle (2) und eine Relativwinkelsensoreinheit (4) zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle (2) aufweist, und wobei das zweite Teilsystem (102) eine Lenkstellereinheit (9), ein Koppellement (12), eine  
10 Absolutpositionssensoreinheit (15) zur Bestimmung einer absoluten Position des Koppellementes (12) und eine Relativpositionssensoreinheit (16) zur Bestimmung einer relativen Position des Koppellementes (12) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Teilsystem (101) und das zweite Teilsystem (102) über eine  
Kommunikationsverbindung (20) miteinander verbunden sind, wobei die  
15 Kommunikationsverbindung (20) eingerichtet ist, Sensordaten (32) von dem ersten Teilsystem (101) an das zweite Teilsystem (102) zu übertragen und Sensordaten (31) von dem zweiten Teilsystem (102) an das erste Teilsystem (101) zu übertragen, und **dass** das Steer-by-Wire-Lenksystem (1) für einen Betrieb in einem Kraftfahrzeug in unterschiedlichen Betriebsmodi (BM1, BM2, BM3) ausgebildet ist, wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem (1)  
20 in einem ersten Betriebsmodus (BM1) für einen fehlerfreien Betrieb eingerichtet ist, das Steer-by-Wire-Lenksystem (1) in einem zweiten Betriebsmodus (BM2) für einen Betrieb bei einem Ausfall des ersten Teilsystems (101) eingerichtet ist, und das Steer-by-Wire-Lenksystem (1) in einem dritten Betriebsmodus (BM3) für einen Betrieb bei einem Ausfall des zweiten Teilsystems (102) ausgebildet ist.  
25
2. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** ein drittes Teilsystem (103), wobei das dritte Teilsystem (103) eine Schnittstelle (19) zu einem Backup-Lenksystem (200) aufweist, und wobei die Kommunikationsverbindung (20) weiter  
30 eingerichtet ist, Sensordaten (31, 32, 33) von dem ersten Teilsystem (101) und/oder von dem zweiten Teilsystem (102) an das dritte Teilsystem (103) zu übertragen, und wobei die Schnittstelle (19) eingerichtet ist, an das dritte Teilsystem (103) übertragene Sensordaten (31, 32) an das Backup-Lenksystem (200) zu übertragen.
3. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch**  
35 **gekennzeichnet, dass** die Kommunikationsverbindung (20) durch ein

Fahrzeugkommunikationsnetzwerk (22) realisiert ist und/oder durch einen privaten Kommunikationskanal (21) zwischen den Teilsystemen (101, 102, 103) realisiert ist.

4. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**  
5 **gekennzeichnet, dass** das zweite Teilsystem (102) ausgebildet ist, von der Absolutwinkelsensoreinheit (7) bereitgestellte Winkelmesswerte über eine erste direkte Kommunikationsschnittstelle (34) zu empfangen.
5. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**  
10 **gekennzeichnet, dass** das zweite Teilsystem (102) ausgebildet ist, der Absolutwinkelsensoreinheit (7) die für den Betrieb benötigte Energie bereitzustellen, insbesondere über die erste direkte Kommunikationsschnittstelle (34).
6. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**  
15 **gekennzeichnet, dass** das erste Teilsystem (101) ausgebildet ist, von der Absolutpositionssensoreinheit (15) bereitgestellte Positionsmesswerte über eine zweite direkte Kommunikationsschnittstelle (35) zu empfangen.
7. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**  
20 **gekennzeichnet, dass** das erste Teilsystem (101) ausgebildet ist, der Absolutpositionssensoreinheit (15) die für den Betrieb benötigte Energie bereitzustellen, insbesondere über die zweite direkte Kommunikationsschnittstelle (35).
8. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**  
25 **gekennzeichnet, dass** das Steer-by-Wire-Lenksystem (1) für einen Betrieb gemäß einem Verfahren nach einem der nachstehenden Ansprüche ausgebildet ist.
9. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**  
30 **gekennzeichnet, dass** die Kommunikationsverbindung (20) redundant ausgebildet ist.
10. Verfahren zum Betreiben eines Steer-by-Wire-Lenksystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 in einem Kraftfahrzeug, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten für einen fehlerfreien Betrieb eingerichteten Betriebsmodus (BM1) das zweite Teilsystem (102) einen von der Absolutwinkelsensoreinheit (7) bereitgestellten Winkelmesswert erfasst, das zweite  
35 Teilsystem (102) den erfassten Winkelmesswert in eine entsprechende Winkelinformation



(31) umwandelt, und das zweite Teilsystem (102) die Winkelinformation (31) über die Kommunikationsverbindung (20) dem ersten Teilsystem (101) bereitstellt.

- 5 11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Teilsystem (101) die über die Kommunikationsverbindung (20) bereitgestellte Winkelinformation (31) erfasst und aus dieser Winkelinformation (31) und einem mittels der Relativwinkelsensoreinheit (4) erfassten relativen Winkel der Lenkwelle (2) einen absoluten Lenkwellenwinkel bestimmt.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem ersten für einen fehlerfreien Betrieb eingerichteten Betriebsmodus (BM1) das erste Teilsystem (101) einen von der Absolutpositionssensoreinheit (15) bereitgestellten Positionsmesswert erfasst, das erste Teilsystem (101) den erfassten Positionsmesswert in eine entsprechende Positionsinformation (32) bezüglich einer Position des Koppel-elementes (12) umwandelt, und das erste Teilsystem (101) die Positionsinformation  
15 (32) über die Kommunikationsverbindung (20) dem zweiten Teilsystem (102) bereitstellt.
- 20 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Teilsystem (102) die über die Kommunikationsverbindung (20) bereitgestellte Positionsinformation (32) erfasst und aus dieser Positionsinformation (32) und einer mittels der Relativpositionssensoreinheit (16) erfassten relativen Position des Koppel-elementes (12) eine absolute Koppel-elementposition bestimmt.
- 25 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem dritten Betriebsmodus (BM3), in dem wegen eines Fehlers in dem zweiten Teilsystem (102) das Kraftfahrzeug mittels eines Backup-Lenk-systems (200) gelenkt wird, das erste Teilsystem (101) einen absoluten Winkel (33) der Lenkwelle (2) basierend auf einem mittels der Relativwinkelsensoreinheit (4) erfassten relativen Winkel der Lenkwelle (2) und einem zuvor bestimmten absoluten Lenkwellenwinkel bestimmt, dieser bestimmte absolute Winkel (33) der Lenkwelle (2) zusammen mit der umgewandelten  
30 Positionsinformation (32) dem dritten Teilsystem (103) bereitgestellt wird, wobei die Schnittstelle (19) des dritten Teilsystems (103) den bestimmten absoluten Winkel (33) und die Positionsinformation (32) an das Backup-Lenk-system (200) weiterleitet.
- 35 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem zweiten Betriebsmodus (BM2), in dem wegen eines Fehlers in dem ersten Teilsystem (101)

das erste Teilsystem (101) keine Positionsinformation (32) bereitstellen kann, das zweite Teilsystem (102) die absolute Koppelementposition basierend auf einer mittels der Relativpositionssensoreinheit (16) erfassten relativen Position des Koppelementes und einer zuvor bestimmten absoluten Koppelementposition bestimmt, wobei eine

5 Information bezüglich eines absoluten Winkels der Lenkwelle (2) direkt von der Absolutwinkelsensoreinheit (7) erfasst wird.

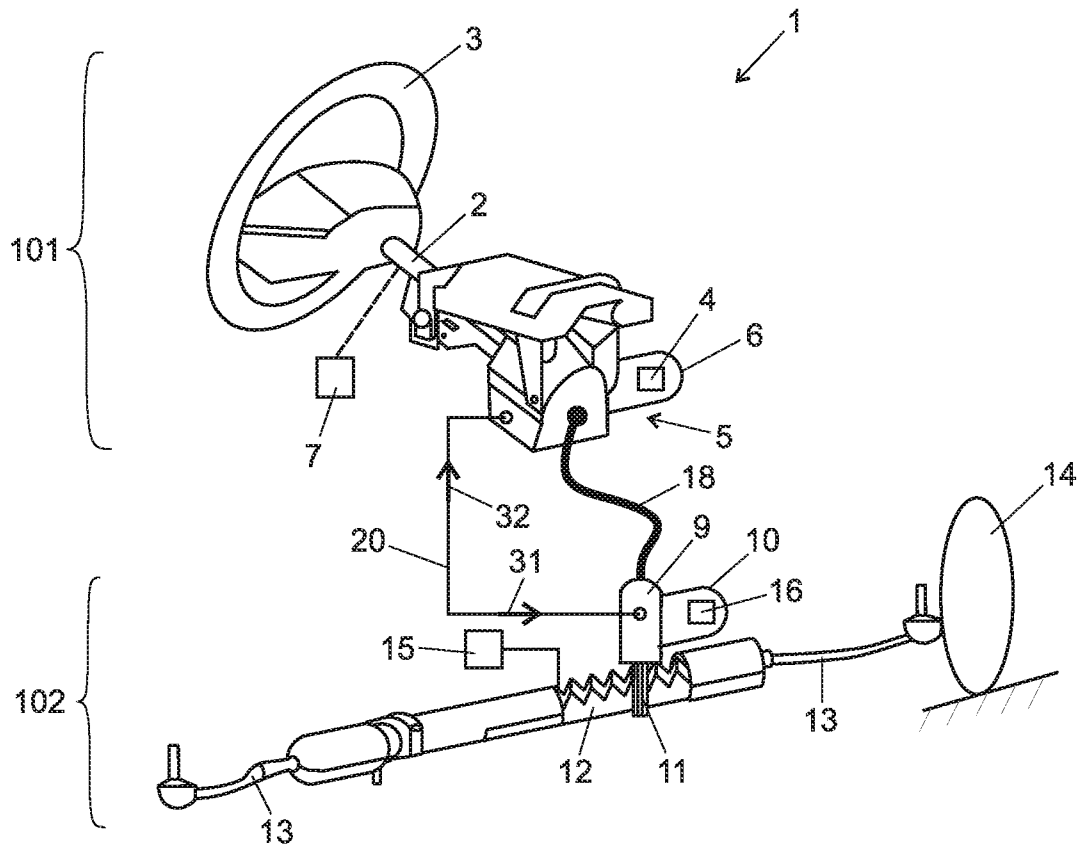


Fig. 1

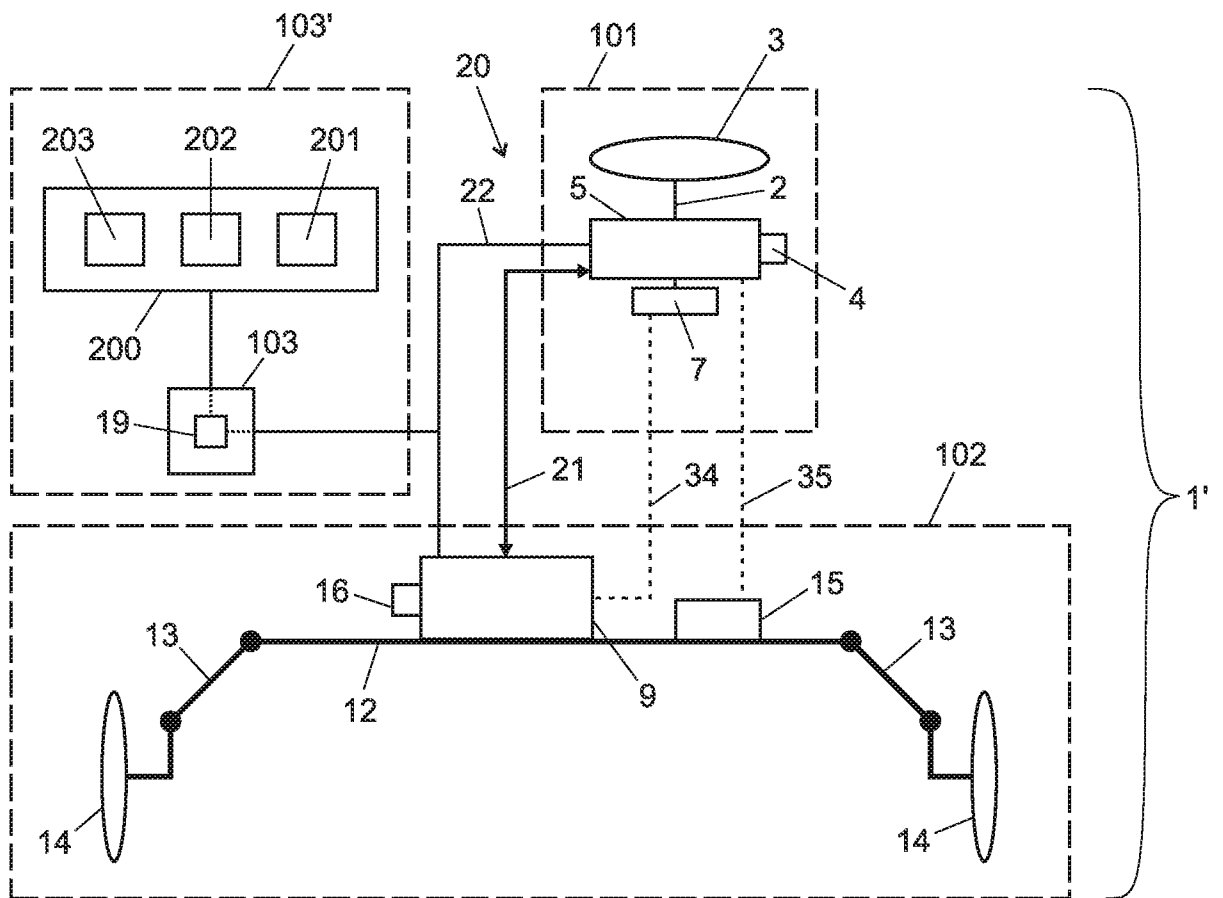
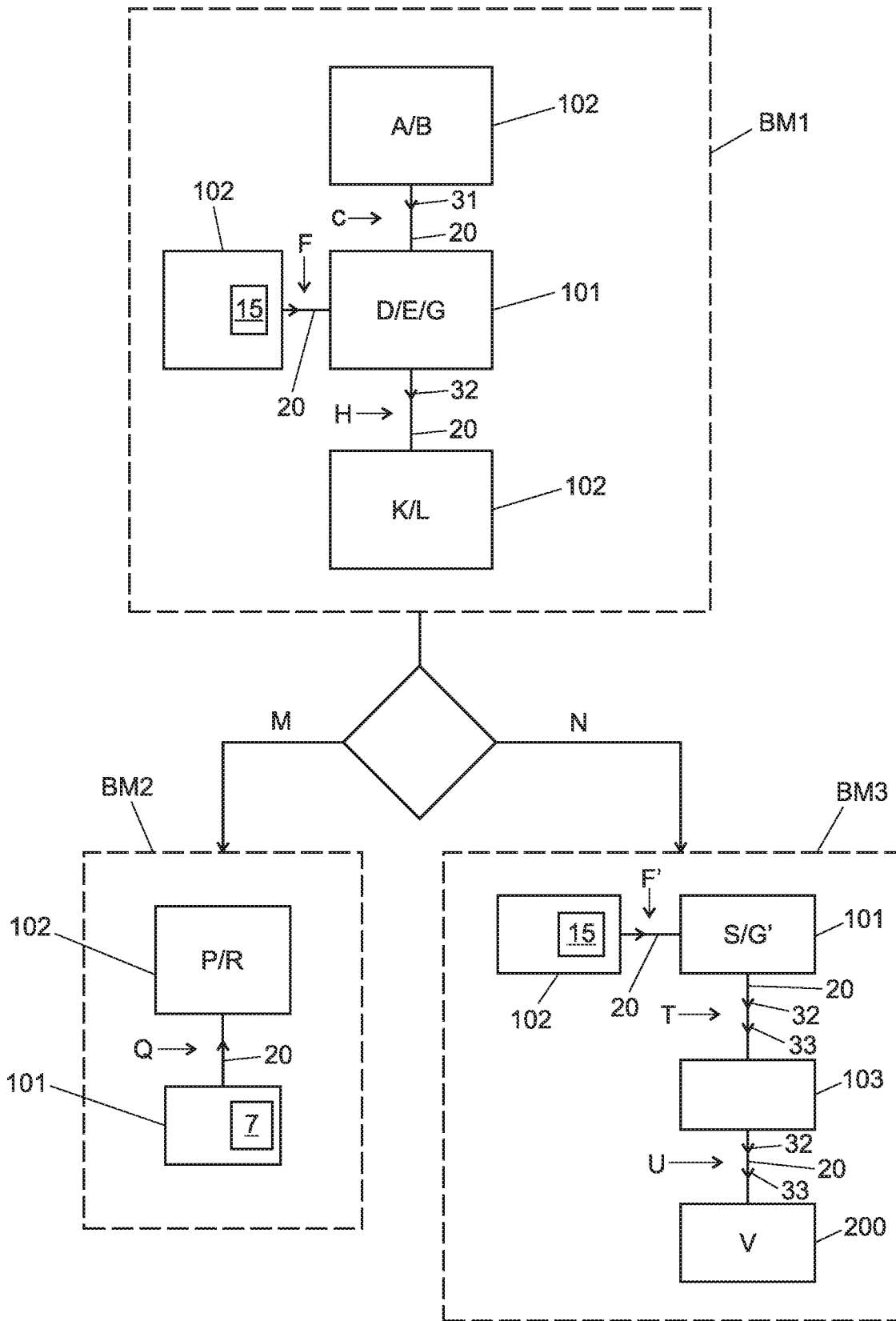


Fig. 2



**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<br><br><b>221304P00BE</b>   |
| Nationales Aktenzeichen<br><br><b>202305099</b>   | Anmeldedatum<br><br><b>10-02-2023</b>   |
| Anmeldeland   | Beanspruchtes Prioritätsdatum   |
| Anmelder (Name)<br><br><b>thyssenkrupp Presta AG, et al</b>   |   |
| Datum des Antrags auf eine Recherche<br>Internationaler Art<br><br><b>18-03-2023</b>  | Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem<br>Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat<br><br><b>SN83435</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<br><br><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><br><span style="float: right;">(Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)</span> |   |
| <b>IV.</b> <input type="checkbox"/> <b>MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG</b><br><span style="float: right;">(Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)</span>                        |   |

**BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART**

Nr. des Antrags auf Recherche

**BE 202305099**

|   |  |   |
|---|--|---|
| A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES<br><b>INV. B62D5/04 B62D5/00</b><br><b>ADD.</b>   |  |   |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK   |  |   |
| B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE<br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )<br><b>B62D</b>  |  |   |
| 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)<br><b>EPO-Internal, WPI Data</b>  |  |   |
| C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN   |  |   |
| Kategorie°  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr.  |
| <b>X</b>  | <b>DE 10 2004 008203 A1 (VISTEON GLOBAL TECH INC [US]) 16. September 2004 (2004-09-16)</b>         | <b>1, 9, 11, 13</b>   |
| <b>A</b>  | <b>* Absätze [0016] - [0023]; Abbildung 1 *</b>  | <b>2-8, 12, 14-16</b>   |
|   | -----  |   |
| <b>A</b>  | <b>EP 3 611 076 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 19. Februar 2020 (2020-02-19)</b>                    | <b>2, 8, 10, 15, 16</b>   |
|   | <b>* Absätze [0010] - [0030], [0037]; Abbildungen 1, 3 *</b>                                       |   |
|   | -----  |   |
| <b>X</b>  | <b>DE 10 2004 030685 A1 (VISTEON GLOBAL TECH INC [US]) 3. Februar 2005 (2005-02-03)</b>            | <b>1, 3-7, 10</b>   |
|   | <b>* Absätze [0019] - [0022]; Abbildung 1 *</b>  |   |
|   | -----  |   |
|   | -/--   |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <span style="margin-left: 200px;"><input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie</span>   |  |   |
| ° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"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)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum und 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<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"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<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |  |   |
| Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art<br><b>12. August 2023</b>   |  | Absenddatum des Berichts über die Recherche internationaler Art |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016  |  | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br><b>Areal Calama, A</b>     |

| C.(Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN |  |                    |
|---|--|--------------------|
| Kategorie°  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
| A   | <p>DE 100 53 335 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE];<br/>ZF LENKSYSTEME GMBH [DE])<br/>16. Mai 2002 (2002-05-16)<br/>* Absätze [0021] - [0046], [0070],<br/>[0071]; Abbildungen 1a, 2, 4, 14 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>      | 1, 10, 11          |
| A   | <p>DE 103 33 281 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH<br/>[DE]; DAIMLER CHRYSLER AG [DE] ET AL.)<br/>3. Februar 2005 (2005-02-03)<br/>* Absätze [0038] - [0042], [0073] -<br/>[0048]; Abbildungen 2, 6 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1, 10, 11          |

# BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

**BE 202305099**

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| <b>DE 102004008203 A1</b>                          | <b>16-09-2004</b>             | <b>DE 102004008203 A1</b>         | <b>16-09-2004</b>             |
|  |                               | <b>JP 3928878 B2</b>              | <b>13-06-2007</b>             |
|  |                               | <b>JP 2004249982 A</b>            | <b>09-09-2004</b>             |
|  |                               | <b>US 2004167693 A1</b>           | <b>26-08-2004</b>             |
| -----  |                               |                                   |                               |
| <b>EP 3611076 A1</b>                               | <b>19-02-2020</b>             | <b>BR 102019016666 A2</b>         | <b>10-03-2020</b>             |
|  |                               | <b>CN 110816641 A</b>             | <b>21-02-2020</b>             |
|  |                               | <b>EP 3611076 A1</b>              | <b>19-02-2020</b>             |
|  |                               | <b>JP 7017130 B2</b>              | <b>08-02-2022</b>             |
|  |                               | <b>JP 2020026235 A</b>            | <b>20-02-2020</b>             |
|  |                               | <b>KR 20200019090 A</b>           | <b>21-02-2020</b>             |
|  |                               | <b>RU 2715963 C1</b>              | <b>04-03-2020</b>             |
|  |                               | <b>US 2020047764 A1</b>           | <b>13-02-2020</b>             |
| -----  |                               |                                   |                               |
| <b>DE 102004030685 A1</b>                          | <b>03-02-2005</b>             | <b>DE 102004030685 A1</b>         | <b>03-02-2005</b>             |
|  |                               | <b>US 2004267424 A1</b>           | <b>30-12-2004</b>             |
| -----  |                               |                                   |                               |
| <b>DE 10053335 A1</b>                              | <b>16-05-2002</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| <b>DE 10333281 A1</b>                              | <b>03-02-2005</b>             | <b>DE 10333281 A1</b>             | <b>03-02-2005</b>             |
|  |                               | <b>WO 2005012063 A1</b>           | <b>10-02-2005</b>             |
| -----  |                               |                                   |                               |





## SCHRIFTLICHER BESCHEID

|   |   |                                  |                              |
|---|---|----------------------------------|------------------------------|
| Dossier Nr.<br>SN83435  | Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)<br>10.02.2023 | Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) | Anmeldung Nr.<br>BE202305099 |
| Internationale Patentklassifikation (IPK)<br>INV. B62D5/04 B62D5/00 |   |                                  |                              |
| Anmelder<br>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<br>Areal Calama, A |
|--|---------------------------|

## 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 2-8, 10, 12, 14-16<br>Nein: Ansprüche 1, 9, 11, 13  |
| Erfinderische Tätigkeit   | Ja: Ansprüche 2, 8, 12, 14-16<br>Nein: Ansprüche 1, 3-7, 9-11, 13 |
| Gewerbliche Anwendbarkeit | Ja: Ansprüche: 1-16<br>Nein: Ansprüche:                           |

2. Unterlagen und Erklärungen:

**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 DE 10 2004 008203 A1 (VISTEON GLOBAL TECH INC [US]) 16. September 2004 (2004-09-16)
  - D2 EP 3 611 076 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 19. Februar 2020 (2020-02-19)
  - D3 DE 10 2004 030685 A1 (VISTEON GLOBAL TECH INC [US]) 3. Februar 2005 (2005-02-03)
  - D4 DE 100 53 335 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]) 16. Mai 2002 (2002-05-16)
  - D5 DE 103 33 281 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]; DAIMLER CHRYSLER AG [DE] ET AL.) 3. Februar 2005 (2005-02-03)
- 2 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand des Anspruchs/der Ansprüche [...] nicht neu ist.
- 2.1 Das Dokument D1 offenbart ein Steer-by-Wire-Lenkssystem (10) für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten Teilsystem und einem zweiten Teilsystem, wobei das erste Teilsystem eine Lenkwelle (46), eine drehfest an einem Ende der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe (44), einen Feedback-Aktuator (52), eine Absolutwinkelsensoreinheit (48a) zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle (46) und eine Relativwinkelsensoreinheit (48) zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle (46) aufweist, und wobei das zweite Teilsystem eine Lenkstellereinheit (40,42), ein Koppellement (19,21), eine Absolutpositionssensoreinheit (32a,34a) zur Bestimmung einer absoluten Position des Koppellementes und eine Relativpositionssensoreinheit (32,34) zur Bestimmung einer relativen Position des Koppellementes aufweist, wobei das erste Teilsystem und das zweite Teilsystem über eine Kommunikationsverbindung (RWARef,RWAFd,RWTFd) miteinander verbunden sind, wobei die Kommunikationsverbindung eingerichtet ist, Sensordaten (RWA Ref) von dem ersten Teilsystem an das zweite Teilsystem zu übertragen und Sensordaten (RWAFd) von dem zweiten Teilsystem an das erste Teilsystem zu übertragen.

Deshalb ist der Gegenstand des Anspruchs 1 nicht neu.

- 2.2 Das Dokument D1 offenbart ein Verfahren zum Betreiben eines Steer-by-Wire-Lenkensystems (10), wobei in einem ersten für einen fehlerfreien Betrieb eingerichteten Betriebsmodus das zweite Teilsystem (40,32,32a,13) einen von der Absolutwinkelsensoreinheit (32a) bereitgestellten Winkelmesswert erfasst, das zweite Teilsystem den erfassten Winkelmesswert in eine entsprechende Winkelinformation (RWAfD) umwandelt, und das zweite Teilsystem die Winkelinformation (RWAfD) über die Kommunikationsverbindung dem ersten Teilsystem bereitstellt (siehe Figur 1).

Deshalb ist der Gegenstand der Ansprüche 11 und 9 nicht neu.

- 3 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand des Anspruchs 1 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit beruht.
- 3.1 Das Dokument D3 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Es offenbart ein Steer-by-Wire-Lenkensystem (10) für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten Teilsystem (38,12) und einem zweiten Teilsystem (26,11), wobei das erste Teilsystem (38,12) eine Lenkwelle (34), eine drehfest an einem Ende der Lenkwelle angeordnete Lenkhandhabe (30), einen Feedback-Aktuator (32), eine Absolutwinkelsensoreinheit (35) zur Bestimmung eines absoluten Lenkwinkels der Lenkwelle (34), und wobei das zweite Teilsystem (26,11) eine Lenkstellereinheit (20), ein Koppellement (23), eine Absolutpositionssensoreinheit (23) zur Bestimmung einer absoluten Position des Koppellementes (23), wobei das erste Teilsystem (38,12) und das zweite Teilsystem (26,11) über eine Kommunikationsverbindung (RWT,RWA,SWA) miteinander verbunden sind (siehe Figur 1), wobei die Kommunikationsverbindung (RWT,RWA,SWA) eingerichtet ist, Sensordaten (SWA) von dem ersten Teilsystem (38,12) an das zweite Teilsystem (26,11) zu übertragen und Sensordaten (RWT,RWA) von dem zweiten Teilsystem (26,11) an das erste Teilsystem (38,12) zu übertragen.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich somit von dem bekannten System dadurch, dass das erste Teilsystem eine Relativwinkelsensoreinheit zur Bestimmung eines relativen Lenkwinkels der Lenkwelle aufweist, und dass das zweite Teilsystem eine Relativpositionssensoreinheit zur Bestimmung einer relativen Position des Koppellementes aufweist. Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist daher neu.

Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann somit darin gesehen werden, dass für die Sensorkomponentenarchitektur eine Alternative entwickelt wird.

Die in Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung vorgeschlagene Lösung kann nicht als erfinderisch angesehen werden, da die Benutzung von Sensoren, die ein Winkel oder eine Position relativ messen allgemein bekannt ist (siehe D1, [0018], [0021]).

Deshalb ist der Gegenstand des Anspruchs 1 nicht erfinderisch.

- 4 Die abhängigen Ansprüche 3 bis 7, 9, 10 und 13 enthalten keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen eines Anspruchs, auf den sie rückbezogen sind, die Erfordernisse in Bezug auf Neuheit bzw. erfinderische Tätigkeit erfüllen.

- 4.1 Das Dokument D1 offenbart ein Steer-by-Wire-Lenksystem (10), wobei die Kommunikationsverbindung durch einen privaten Kommunikationskanal zwischen den Teilsystemen realisiert ist.

Deshalb ist der Gegenstand des Anspruchs 3 nicht erfinderisch.

- 4.2 Das Dokument D3 offenbart ein Steer-by-Wire-Lenksystem (10), wobei das zweite Teilsystem (26,11) ausgebildet ist, von der Absolutwinkelsensoreinheit bereitgestellte Winkelmesswerte über eine erste direkte Kommunikationsschnittstelle (38) zu empfangen.

Deshalb ist der Gegenstand des Anspruchs 4 nicht erfinderisch.

- 4.3 Das Dokument D1 offenbart ein Steer-by-Wire-Lenksystem (10), wobei das erste Teilsystem (38,12) ausgebildet ist, von der Absolutpositionssensoreinheit (23) bereitgestellte Positionsmesswerte über eine zweite direkte Kommunikationsschnittstelle (26) zu empfangen.

Deshalb ist der Gegenstand des Anspruchs 6 nicht erfinderisch.

- 4.4 Die Merkmale der Ansprüche 5, 7 und 10 sind konstruktive Varianten, die der Fachmann als naheliegend ansehen würde.

- 4.5 Das Dokument D1 offenbart ein Verfahren, wobei in dem ersten für einen fehlerfreien Betrieb eingerichteten Betriebsmodus das erste Teilsystem (48,48a, 14,52) einen von der Absolutpositionssensoreinheit (48a) bereitgestellten Positionsmesswert erfasst, das erste Teilsystem den erfassten Positionsmesswert in eine entsprechende Positionsinformation (RWARef) bezüglich einer Position des Koppel-elementes (19) umwandelt, und das erste

Teilsystem die Positionsinformation (RWARef) über die Kommunikationsverbindung dem zweiten Teilsystem (13) bereitstellt (siehe Figur 1).

Deshalb ist der Gegenstand des Anspruchs 13 nicht neu.

- 5 Die in den abhängigen Ansprüchen 2, 8, 12, 14 bis 16 enthaltene Merkmalskombinationen sind aus dem vorliegenden Stand der Technik weder bekannt noch wird sie durch ihn nahegelegt.

Keines der Dokumente des Stands der Technik offenbart die durch die Ansprüche 2, 8, 12, 14 bis 16 eingeführten Merkmale. Zudem wäre für den Fachmann nicht naheliegend den nächstliegender Stand der Technik, nämlich D1, durch die Einführung der Merkmale eines der Ansprüche 2, 8, 12, 14 bis 16 ohne spezifische Hinweise über die entsprechenden Vorteile zu modifizieren.