

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Oktober 2019 (24.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2019/201792 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation: *B62D 5/00* (2006.01) *B62D 6/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/059509
- (22) Internationales Anmeldedatum: 12. April 2019 (12.04.2019)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2018 109 084.6  
17. April 2018 (17.04.2018) DE
- (71) Anmelder: **THYSSENKRUPP PRESTA AG** [LI/LI]; Es-sanestraße 10, 9492 Eschen (LI). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).
- (72) Erfinder: **VIZER, Daniel**; Beke u I., 2064 Csabdi (HU). **KAKAS, Peter**; Frankhegy utca 1. 1/2, 1118 Budapest (HU).
- (74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PRO-PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A STEER-BY-WIRE STEERING SYSTEM COMPRISING A LIMITER FOR REACHING A SAFETY LEVEL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES STEER-BY-WIRE LENKSYSTEMS MIT EINEM BEGRENZER ZUM ERREICHEN EINES SICHERHEITSNIVEAUS

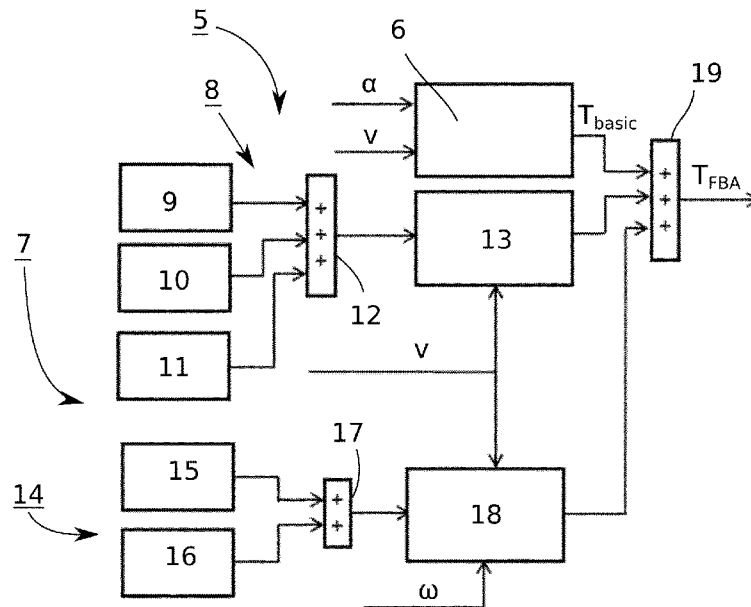


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a steer-by-wire steering system for motor vehicles, comprising a steering adjuster (3) which acts on the steered wheels and is electronically controlled as a function of a driver's steering request, a feedback actuator (2) which transmits feedback from the street to a steering wheel, and a control unit (5) which controls the feedback actuator (2), wherein the following method steps are provided for calculating an engine torque ( $T_{FBA}$ ): determining a basic engine torque ( $T_{basic}$ ); providing at least one steering function (9,10,11) which is part of a first subgroup of steering functions (8); limiting the



WO 2019/201792 A1

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

initial value of the at least one steering function (9,10,11) for reaching a predetermined safety level in a first limiter (13); adapting the basic engine torque ( $T_{\text{basic}}$ ) by means of the limited initial value of the at least one steering function in a summer (19); actuating the feedback actuator (2) with the resulting engine torque ( $T_{\text{FBA}}$ ) output by the summer (19).

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenkensystems für Kraftfahrzeuge umfassend einen auf die gelenkten Räder wirkenden, in Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteller (3), einen Rückwirkungen der Straße auf ein Lenkrad übertragenden Feedback-Aktuator (2), und eine Steuereinheit (5), die den Feedback-Aktuator (2) steuert, wobei folgende Verfahrensschritte zur Berechnung eines Motordrehmomentes ( $T_{\text{FBA}}$ ) vorgesehen sind: Bestimmen eines Basis-Motordrehmomentes ( $T_{\text{basic}}$ ); Bereitstellen wenigstens einer Lenkfunktion (9,10,11), die Teil einer ersten Untergruppe von Lenkfunktionen (8) ist; Begrenzen des Ausgangswertes der wenigstens einen Lenkfunktion (9,10,11) zum Erreichen eines vorgegebenen Sicherheitsniveaus in einem ersten Begrenzer (13); Adaption des Basis-Motordrehmomentes ( $T_{\text{basic}}$ ) mittels des begrenzten Ausgangswertes der wenigstens einen Lenkfunktion in einem Summierer (19); Ansteuern des Feedback-Aktuators (2) mit dem von dem Summierer (19) ausgegebenen resultierenden Motordrehmoment ( $T_{\text{FBA}}$ ).

## **Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire Lenksystems mit einem Begrenzer zum Erreichen eines Sicherheitsniveaus**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und ein Steer-by-Wire-Lenksystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 9.

Bei Steer-by-Wire-Lenksystemen ist die Stellung der gelenkten Räder nicht direkt mit dem Lenkeingabemittel, beispielsweise einem Lenkrad, gekoppelt. Es besteht eine Verbindung zwischen dem Lenkrad und den gelenkten Rädern über elektrische Signale. Der Fahrerlenkwunsch wird von einem Lenkwinkelsensor abgegriffen, und in Abhängigkeit von dem Fahrerlenkwunsch wird über einen Lenksteller die Stellung der gelenkten Räder geregelt. Eine mechanische Verbindung zu den Rädern ist nicht vorgesehen, sodass nach Betätigung des Lenkrads keine unmittelbare Kraft-Rückmeldung an den Fahrer übermittelt wird. Allerdings ist eine entsprechend angepasste Rückmeldung, beispielsweise beim Parken oder bei einer Geradeausfahrt, bei der ein der Fahrzeugreaktion angepasstes, je nach Fahrzeughersteller unterschiedliches Lenkmoment als Kraft-Rückmeldung gewünscht ist, vorgesehen. Bei einer Kurvenfahrt wirken Reaktionskräfte als Querkräfte auf das Lenkgetriebe, welche der Feedback-Aktuator in Form eines der Lenkrichtung entgegengesetzten Moments nachbildet. Der Fahrer erfährt ein dadurch vorgebbares Lenkgefühl. Um bei Steer-by-Wire-Lenkungen die Rückwirkungen der Straße auf das Lenkrad zu simulieren, ist es notwendig, am Lenkrad oder der Lenksäule einen Feedback-Aktuator (FBA) vorzusehen, welcher in Abhängigkeit von den gewünschten Rückwirkungen der Lenkhandhabe ein Lenkgefühl aufprägt. Das Bereitstellen dieses Lenkgefühls ist sicherheitskritisch für eine zuverlässige und sichere Steuerung des Fahrzeuges.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur sicheren Bereitstellung eines Lenkgefühls eines Feedback-Aktuators für eine Steer-by-Wire Lenkung eines Kraftfahrzeuges anzugeben.

Diese Aufgabe wird von einem Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenkensystems für Kraftfahrzeuge mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und einem Steer-by-Wire-Lenkensystems für Kraftfahrzeuge mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung genannt.

Demnach ist ein Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenkensystems für Kraftfahrzeuge umfassend einen auf die gelenkten Räder wirkenden, in Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteller, einen Rückwirkungen der Straße auf ein Lenkrad übertragenden Feedback-Aktuator, und eine Steuereinheit, die den Feedback-Aktuator steuert, vorgesehen, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte zur Berechnung eines Motordrehmomentes umfasst:

- Bestimmen eines Basis-Motordrehmoments, welches fahrzeugzustands- und lageabhängig ist;
- 15 • Bereitstellen wenigstens einer Lenkfunktion, die Teil einer ersten Untergruppe von Lenkfunktionen ist;
- Begrenzen des Ausgangswertes der wenigstens einen Lenkfunktion zum Erreichen eines vorgegebenen Sicherheitsniveaus in einem ersten Begrenzer;
- 20 • Adaption des Basis-Motordrehmoments mittels des begrenzten Ausgangswertes der wenigstens einen Lenkfunktion in einem Summierer;
- Ansteuern des Feedback-Aktuators mit dem von dem Summierer ausgegebenen resultierenden Motordrehmoment.

Durch dieses Verfahren kann auf eine Weise sichergestellt werden, dass die von der wenigstens einen Lenkfunktion berechneten Werte in einem sicheren Motordrehmoment bzw. Rückstellmoment resultieren. Unter „sicher“ wird in diesem Fall verstanden, dass der Feedback-Aktuator nicht blockiert oder eine ungewünschte Bewegung der Lenkhandhabe im Rahmen einer Selbstlenkung vornimmt.

Vorzugsweise weist die wenigstens eine Lenkfunktion eine Lenkfunktion zum Bereitstellen einer Lenkungsdämpfung, einer Lenkungshysterese und/oder zum Rückstellen des Lenkrades zur Mitte auf. Diese Lenkfunktionen bilden ein Lenkgefühl einer konventionellen, elektromechanischen Lenkung ab.

- 5 Es ist vorteilhaft, wenn der erste Begrenzer den Ausgangswert der wenigstens einen Lenkfunktion in Abhängigkeit von wenigstens einem Parameter ausgewählt aus der Gruppe umfassend eine Fahrzeuggeschwindigkeit, eine Winkelgeschwindigkeit des Motors des Feedback-Aktuators, ein vom dem Fahrer aufgebrachtes Drehmoment am Lenkrad und ein Lenkradlenkwinkel
- 10 begrenzt. Dazu hat der Begrenzer vorzugsweise für jeden Wert des relevanten Parameters ein maximal zulässiges Motordrehmoment hinterlegt.

Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der Begrenzer den Ausgangswert der wenigstens einen Lenkfunktion auf ein begrenztes Basismotordrehmoment begrenzt, wobei das begrenzte Basismotordrehmoment durch Anwenden eines

15 oberen Grenzwertes und eines unteren Grenzwertes auf das Basismotordrehmoment berechnet wird. Dabei wird bevorzugt der obere und untere Grenzwert in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet.

In dem Fall, dass wenigstens zwei Lenkfunktionen vorgesehen sind, deren Ausgangswerte nicht das benötigte Sicherheitsniveau aufweisen, werden diese

20 in einem ersten Summierer verrechnet, bevor sie in dem ersten Begrenzer begrenzt werden.

Es kann weiterhin eine zweite Untergruppe an Lenkfunktionen mit wenigstens einer Lenkfunktion vorgesehen sein, deren Ausgangswert in den Summierer zur Adaption des Basis-Motordrehmoments einfließt. Sollte diese Lenkfunktion

25 Ausgangswerte mit einem zu niedrigen Sicherheitsniveau ermitteln, kann ein weiterer Begrenzer vorgesehen sein.

Die Aufgabe wird zudem von einem Steer-by-Wire-Lenksystem für Kraftfahrzeuge umfassend einen auf die gelenkten Räder wirkenden, in Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteller,

30 einen Rückwirkungen der Straße auf ein Lenkrad übertragenden Feedback-Aktuator, und eine Steuereinheit, die den Feedback-Aktuator steuert, gelöst,

wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist das zuvor beschriebene Verfahren auszuführen.

Zwei bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Gleichartige oder gleichwirkende Bauteile werden in den Figuren mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Es zeigen:

Fig. 1: ein Blockdiagramm einer Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems,

Fig. 2: ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Berechnung eines Motordrehmomentes zur Ansteuerung eines Feedback-Aktuators, sowie

Fig. 3: ein Blockdiagramm einer zweiten erfindungsgemäßen Berechnung eines Motordrehmomentes zur Ansteuerung eines Feedback-Aktuators.

15 In der Figur 1 ist ein Blockdiagramm einer Steer-by-Wire-Lenkung gezeigt. Ein an einer Lenkwelle angebrachter Drehwinkelsensor erfasst das durch Drehen eines Lenkrads aufgebrachte Fahrerlenkmoment  $T_{\text{driver}}$ . Das Fahrerlenkmoment  $T_{\text{driver}}$  wird über eine Signalleitung 1 an einen Feedback-Aktuator 2 übermittelt, welcher dazu dient, die Rückwirkungen von der Fahrbahn auf das Lenkrad zu  
20 übertragen bzw. einen Lenkaufwand (engl. steering effort) darzustellen und somit dem Fahrer eine Rückmeldung über das Lenk- und Fahrverhalten des Fahrzeugs zu geben. Der Feedback-Aktuator 2 steuert in Abhängigkeit von dem Signal des Drehwinkelsensors sowie weiteren Eingangsgrößen, wie z. B. Fahrzeuggeschwindigkeit, Gierrate und dergleichen einen elektrischen Lenk-  
25 steller 3 über eine Signalleitung 4 an, welcher die Stellung der gelenkten Räder steuert. Der Lenksteller 3 wirkt über ein Zahnstangen-Lenkgetriebe sowie Spurstangen und anderen Bauteilen mittelbar auf die gelenkten Räder. Herkömmlicherweise werden die Rückmeldungseigenschaften der Lenkung durch die Zahnstangenkraft  $F_{\text{load}}$  bestimmt, die von den Spurstangen, welche  
30 über das Fahrwerk an die Räder angebunden sind, auf die Zahnstange wirkt. Die Zahnstangenkraft  $F_{\text{load}}$  wird maßgeblich von den aktuellen Seitenführungs-

kräften beeinflusst. Damit entspricht ein wesentlicher Teil der aktuellen Zahnstangenkraft  $F_{load}$  einer Querschleunigung. Die Zahnstangenkraft  $F_{load}$  wird aber nicht nur durch die während des Durchfahrens einer Kurve auftretenden Seitenkräfte bestimmt, sondern es hat eine Vielzahl von weiteren  
5 Größen einer aktuellen Fahrsituation einen Einfluss auf die Zahnstangenkraft  $F_{load}$ . Ein Beispiel hierfür ist die Fahrbahnbeschaffenheit (Unebenheiten, Spurrillen, Reibwert).

Wie in Figur 2 dargestellt, berechnet eine Steuereinheit 5 ein zur Bereitstellung eines Lenkgefühls benötigtes Motordrehmoment  $T_{FBA}$ . Das Motor-  
10 drehmoment  $T_{FBA}$  resultiert in einem am Lenkrad anliegenden Rückstellmoment, das einem vom Fahrer aufgebrachten Lenkbefehl entgegen wirkt.

Es findet dabei eine Vielzahl an Lenkfunktionen Verwendung. Im Wesentlichen teilt sich die Berechnung des Motordrehmomentes  $T_{FBA}$  in zwei Hauptteile auf. In einem ersten Teil 6 wird ein Basismotordrehmoment  $T_{basic}$  anhand des  
15 Drehwinkels  $\alpha$  und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  bestimmt. Es können bei der Berechnung weitere Größen, wie beispielsweise der Gierwinkel und die Querschleunigung des Fahrzeuges einfließen. Die dazu vorgesehene Basis-  
kurve, die Lenkgeschwindigkeit und Fahrzeuggeschwindigkeit abhängig ist, liefert stets ein sicheres Basismotordrehmoment  $T_{basic}$  was ein Basislenkgefühl  
20 am Lenkrad hervorruft.

In einem zweiten Teil 7 wird eine Vielzahl an Lenkfunktionen zur Adaption des Basislenkgefühls verwendet. Um dem Fahrer bei einer Steer-by-Wire-Lenkung das Gefühl einer konventionellen Lenkung zu vermitteln, ist in einer ersten  
Untergruppe 8 eine Lenkfunktion zum Bereitstellen einer Lenkungsdämpfung 9  
25 vorgesehen, die heftige oder abrupte Lenkreaktionen und Lenkbewegungen dämpft. Zudem umfasst die erste Untergruppe 8 bevorzugt eine Lenkfunktion  
10, die eine Lenkungshysterese (Lenkmoment-Lenkwinkel) bereitstellt, die die Lenkungsreibung bestimmt. Es können in der ersten Untergruppe 8 weitere  
Lenkfunktionen 11 vorgesehen sein, beispielsweise eine Funktion zum Rück-  
30 stellen des Lenkrades zur Mitte und dergleichen. Die Ausgangswerte der Lenkfunktionen der ersten Untergruppe 8 werden einem ersten Summierer 12  
zugeführt. Da die Ausgangswerte nicht das benötigte Sicherheitsniveau

aufweisen, wird das Ausgangssignal des ersten Summierers 12 in einem ersten Begrenzer 13 zum Erreichen des benötigten Sicherheitsniveaus begrenzt. Der erste Begrenzer 13 kann dabei das Ausgangssignal des ersten Summierers 12 in Abhängigkeit von den folgenden Parametern begrenzen: der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Winkelgeschwindigkeit des Motors, dem vom Fahrer aufgebrauchten Drehmoment am Lenkrad und/oder dem Lenkradlenkwinkel. Hier dargestellt ist eine Begrenzung in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$ . Der erste Begrenzer 13 stellt somit sicher, dass das von dem ersten Summierer 12 ausgegebene Motordrehmoment innerhalb eines zulässigen Bereichs ist und eine unkontrollierbare Motordrehmomentanfrage nicht an den Feedback-Aktuator weitergegeben wird. Dafür weist der erste Begrenzer 13 das maximal zulässige Motordrehmoment für die entsprechenden Werte der zuvor aufgelisteten Parameter auf. Es ist eine fahrzeugschwindigkeitsabhängige Motordrehmomentgrenze vorgesehen. Bei den Werten kann es sich um Messwerte oder Schätzwerte handeln, die das benötigte Sicherheitsniveau haben. Das maximal zulässige Motordrehmoment wird über das maximal zulässige Rückstellmoment des Feedback-Aktuators am Lenkrad definiert.

Es ist weiterhin eine zweite Untergruppe 14, die die Dämpfungsfunktionen und den Begrenzer enthält, mit Lenkfunktionen 15,16 vorgesehen, deren Ausgangswerte in einem zweiten Summierer 17 verrechnet werden und durch einen zweiten Begrenzer 18 begrenzt werden. Dieser zweite Begrenzer 18 nimmt eine Begrenzung in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  und der Winkelgeschwindigkeit des Motors  $\omega$  vor.

Ein dritter Summierer 19 verrechnet des Basismotordrehmomentes  $T_{\text{basic}}$  mit dem ersten Ausgangsmotordrehmoment des ersten Begrenzers 13 und dem zweiten Ausgangsmotordrehmoment des zweiten Begrenzers 18. Es können auch noch weitere Lenkfunktionen vorgesehen sein, die bereits das benötigte Sicherheitsniveau erfüllen und ebenfalls in den dritten Summierer 19 einfließen. Das Ausgangssignal des dritten Summierers 19 ist das zu Ansteuerung des Feedback-Aktuators verwendete resultierende Motordrehmoment  $T_{\text{FBA}}$ .

Figur 3 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung bei der im Unterschied zu der zuvor beschriebenen Ausführungsform der Figur 2, eine Grenzwertberechnung mit einem oberen Grenzwert und einem unteren Grenzwert stattfindet. Die Berechnung der Grenzwerte erfolgt dabei in

5 Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  in einer Grenzwertberechnungseinheit 20. In einer Recheneinheit 21 wird das Basismotordrehmoment  $T_{\text{basic}}$  auf die berechneten Grenzwerte begrenzt. Das begrenzte Basismotordrehmoment  $T_{\text{basic,limit}}$  wird an den ersten Begrenzer 13 weitergegeben, so dass dieser das Signal der ersten Untergruppe 8 auf das begrenzte Basismotordreh-

10 moment  $T_{\text{basic,limit}}$  begrenzt. Die Ausgangswerte des ersten Begrenzers 13 und des zweiten Begrenzers 18 sowie das ursprünglich berechnete Basismotordrehmoment  $T_{\text{basic}}$  fließen dann in den dritten Summierer 19 ein. Es kann somit sichergestellt werden, dass das zur Ansteuerung des Motors verwendete resultierende Motordrehmoment das benötigte Sicherheitsniveau aufweist.

## Patentansprüche

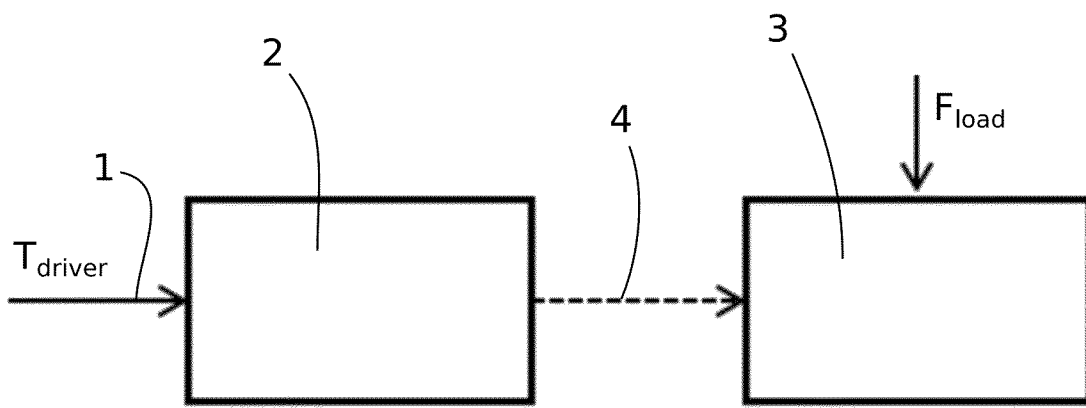
1. Verfahren zur Steuerung eines Steer-by-Wire-Lenksystems für Kraftfahrzeuge umfassend einen auf die gelenkten Räder wirkenden, in Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteller (3),  
5 einen Rückwirkungen der Straße auf ein Lenkrad übertragenden Feedback-Aktuator (2), und eine Steuereinheit (5), die den Feedback-Aktuator (2) steuert, **dadurch gekennzeichnet**, dass folgende Verfahrensschritte zur Berechnung eines Motordrehmomentes ( $T_{FBA}$ )  
10 vorgesehen sind:
- Bestimmen eines Basis-Motordrehmoments ( $T_{basic}$ ), welches fahrzeugzustands- und lageabhängig ist;
  - Bereitstellen wenigstens einer Lenkfunktion (9,10,11), die Teil einer ersten Untergruppe von Lenkfunktionen (8) ist;
  - 15 • Begrenzen des Ausgangswertes der wenigstens einen Lenkfunktion (9,10,11) zum Erreichen eines vorgegebenen Sicherheitsniveaus in einem ersten Begrenzer (13);
  - Adaption des Basis-Motordrehmoments ( $T_{basic}$ ) mittels des begrenzten Ausgangswert der wenigstens einen Lenkfunktion in einem Summierer  
20 (19);
  - Ansteuern des Feedback-Aktuators (2) mit dem von dem Summierer (19) ausgegebenen resultierenden Motordrehmoment ( $T_{FBA}$ ).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Lenkfunktion (9,10,11) eine Lenkfunktion zum  
25 Bereitstellen einer Lenkungsdämpfung, einer Lenkungshysterese und/oder zum Rückstellen des Lenkrades zur Mitte aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Begrenzer (13) den Ausgangswert der wenigstens einen Lenkfunktion (9,10,11) in Abhängigkeit von wenigstens einem Parameter

ausgewählt aus der Gruppe umfassend eine Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v$ ), eine Winkelgeschwindigkeit ( $\omega$ ) des Motors des Feedback-Aktuators, ein vom dem Fahrer aufgebrachtes Drehmoment am Lenkrad und ein Lenkradlenkwinkel ( $\alpha$ ) begrenzt.

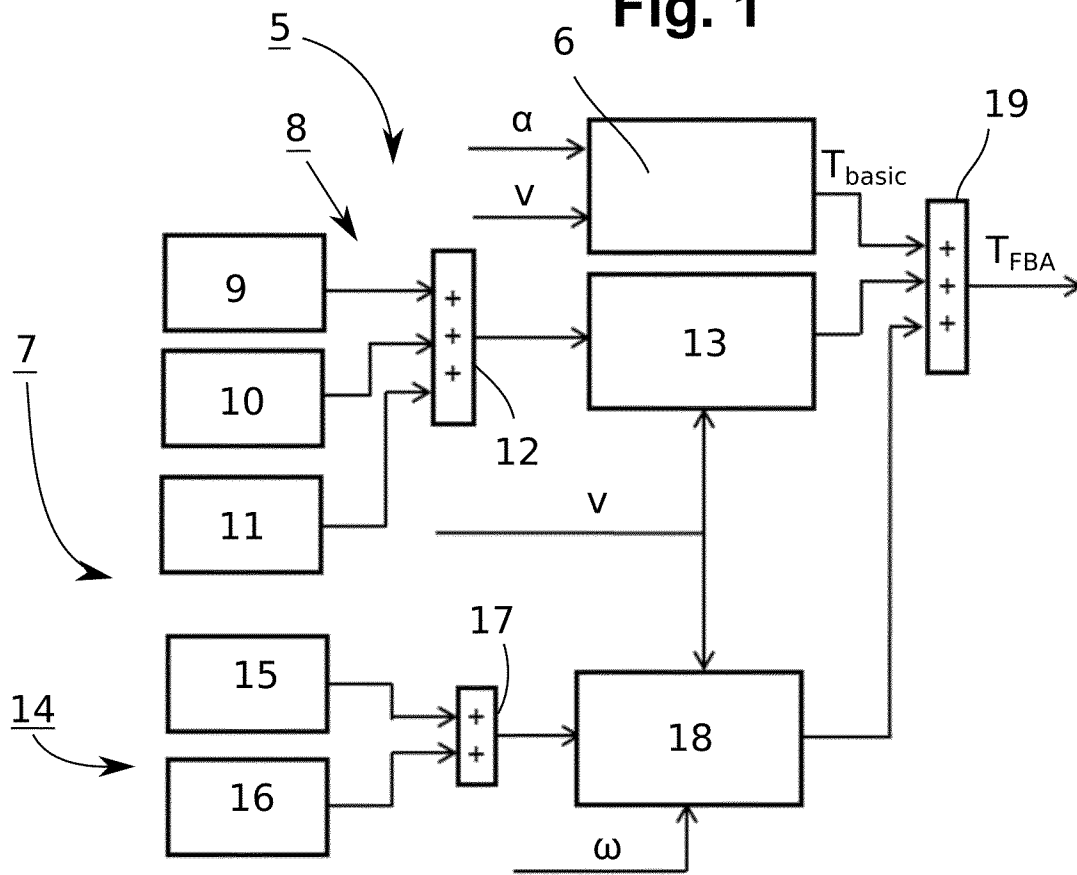
- 5 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Begrenzer (13) für jeden Wert des relevanten Parameters ein maximal zulässiges Motordrehmoment aufweist.
- 10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Begrenzer (13) den Ausgangswert der wenigstens einen Lenkfunktion (9,10,11) auf ein begrenztes Basismotordrehmoment ( $T_{\text{basic,limit}}$ ) begrenzt, wobei das begrenzte Basismotordrehmoment ( $T_{\text{basic,limit}}$ ) durch Anwenden eines oberen Grenzwertes und eines unteren Grenzwertes auf das Basismotordrehmoment ( $T_{\text{basic}}$ ) berechnet wird.
- 15 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der obere und untere Grenzwert in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v$ ) berechnet wird.
- 20 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Lenkfunktion (9,10,11) vorgesehen sind, deren Ausgangswerte in einem ersten Summierer (12) verrechnet werden, bevor der Ausgangswert des ersten Summierers (12) in dem ersten Begrenzer (13) begrenzt werden.
- 25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zweite Untergruppe an Lenkfunktionen (14) mit wenigstens einer Lenkfunktion (15,16) vorgesehen ist, deren Ausgangswert in den Summierer (19) zur Adaption des Basismotordrehmoments ( $T_{\text{basic}}$ ) einfließen.
- 30 9. Steer-by-Wire-Lenksystem für Kraftfahrzeuge umfassend einen auf die gelenkten Räder wirkenden, in Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteller (3), einen Rückwirkungen der Straße

auf ein Lenkrad übertragenden Feedback-Aktuator (2), und eine Steuereinheit (5), die den Feedback-Aktuator (2) steuert, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (5) dazu eingerichtet ist das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8 auszuführen.

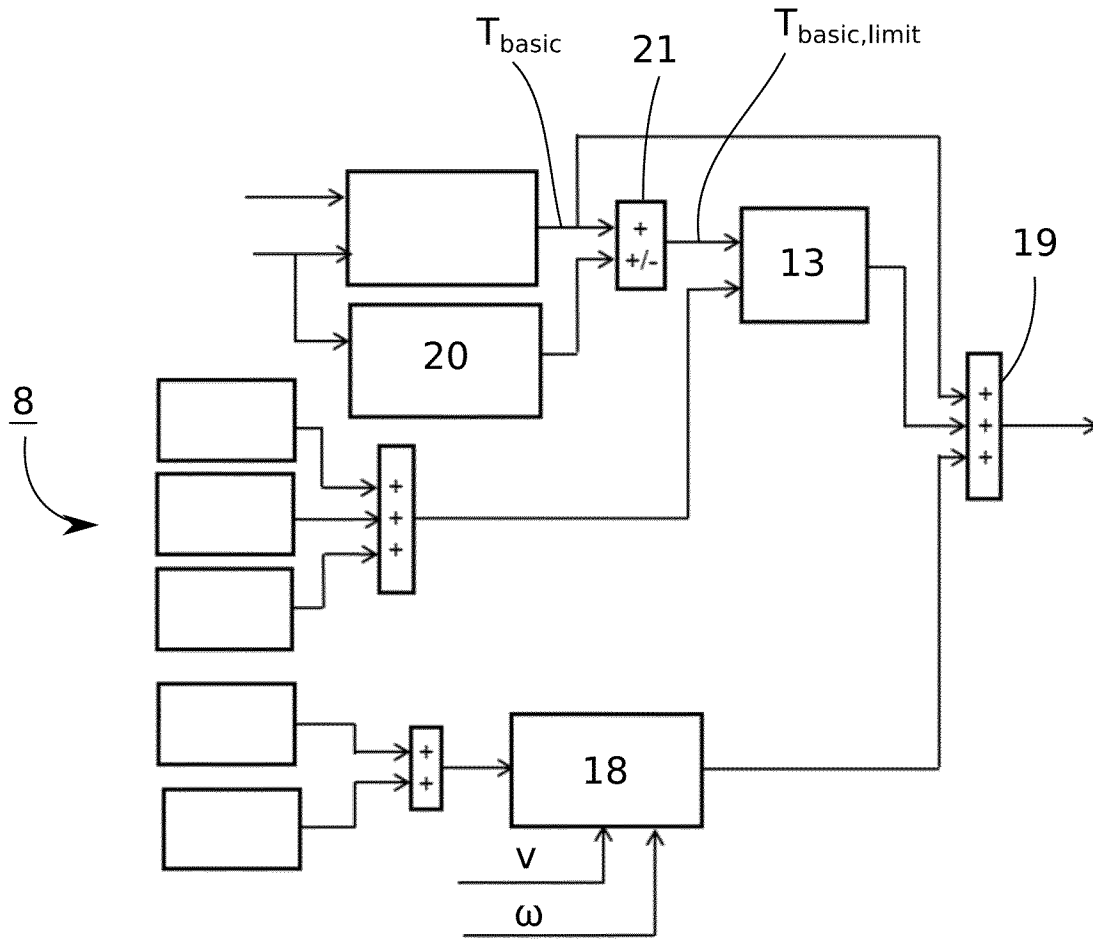
5



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/059509**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B62D 5/00</i> (2006.01)i; <i>B62D 6/00</i> (2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B62D  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2905203 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 12 August 2015 (2015-08-12) paragraph [0043] - paragraph [0044]; claims 1,3	1-4,7-9
X	EP 2905205 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 12 August 2015 (2015-08-12) paragraph [0043] - paragraph [0044]; claim 1,	1,9
X	EP 2905207 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 12 August 2015 (2015-08-12) paragraph [0044] - paragraph [0045]; claim 1	1,9
X	US 2014121904 A1 (DORNHEGE JENS [DE] ET AL) 01 May 2014 (2014-05-01) abstract	1,9
A	US 6763908 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 20 July 2004 (2004-07-20) abstract	1,9
A	DE 10325587 A1 (MITSUBISHI MOTORS CORP [JP]) 08 January 2004 (2004-01-08) abstract	1,9
A	US 2010211264 A1 (WEY TORSTEN [DE] ET AL) 19 August 2010 (2010-08-19) abstract	1,9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>09 September 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>16 September 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer  <b>Pemberton, Paul</b>  Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/059509**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016052543 A1 (WEINREICH FELIX [DE] ET AL) 25 February 2016 (2016-02-25) abstract	1,9
A	US 2009271070 A1 (FELLER ROSS [US] ET AL) 29 October 2009 (2009-10-29) abstract	1,9

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/059509**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2905203	A1	12 August 2015	CN	104703862	A	10 June 2015
				EP	2905203	A1	12 August 2015
				JP	6003997	B2	05 October 2016
				JP	WO2014054474	A1	25 August 2016
				MX	352528	B	29 November 2017
				RU	2015116650	A	27 November 2016
				US	2015210318	A1	30 July 2015
				WO	2014054474	A1	10 April 2014
EP	2905205	A1	12 August 2015	CN	104703863	A	10 June 2015
				EP	2905205	A1	12 August 2015
				JP	5979238	B2	24 August 2016
				JP	WO2014054625	A1	25 August 2016
				US	2015225015	A1	13 August 2015
				WO	2014054625	A1	10 April 2014
EP	2905207	A1	12 August 2015	CN	104736416	A	24 June 2015
				EP	2905207	A1	12 August 2015
				JP	5994861	B2	21 September 2016
				JP	WO2014054476	A1	25 August 2016
				US	2015225014	A1	13 August 2015
US	2014121904	A1	01 May 2014	CN	103723186	A	16 April 2014
				DE	102013218721	A1	15 May 2014
				US	2014121904	A1	01 May 2014
				US	2017369096	A1	28 December 2017
US	6763908	B2	20 July 2004	DE	10259286	A1	04 September 2003
				JP	3593110	B2	24 November 2004
				JP	2003237604	A	27 August 2003
				US	2003150666	A1	14 August 2003
DE	10325587	A1	08 January 2004	CN	1468772	A	21 January 2004
				DE	10325587	A1	08 January 2004
				JP	2004009857	A	15 January 2004
				TW	I263605	B	11 October 2006
US	2010211264	A1	19 August 2010	CN	101823502	A	08 September 2010
				DE	102009000868	A1	26 August 2010
				US	2010211264	A1	19 August 2010
US	2016052543	A1	25 February 2016	CN	105365883	A	02 March 2016
				DE	102014216574	A1	25 February 2016
				US	2016052543	A1	25 February 2016
US	2009271070	A1	29 October 2009	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B62D5/00 B62D6/00  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 B62D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 905 203 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 12. August 2015 (2015-08-12) Absatz [0043] - Absatz [0044]; Ansprüche 1,3 -----	1-4,7-9
X	EP 2 905 205 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 12. August 2015 (2015-08-12) Absatz [0043] - Absatz [0044]; Anspruch 1, -----	1,9
X	EP 2 905 207 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 12. August 2015 (2015-08-12) Absatz [0044] - Absatz [0045]; Anspruch 1 -----	1,9
X	US 2014/121904 A1 (DORNHEGE JENS [DE] ET AL) 1. Mai 2014 (2014-05-01) Zusammenfassung ----- -/--	1,9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. September 2019

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/09/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pemberton, Paul

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 763 908 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 20. Juli 2004 (2004-07-20) Zusammenfassung -----	1,9
A	DE 103 25 587 A1 (MITSUBISHI MOTORS CORP [JP]) 8. Januar 2004 (2004-01-08) Zusammenfassung -----	1,9
A	US 2010/211264 A1 (WEY TORSTEN [DE] ET AL) 19. August 2010 (2010-08-19) Zusammenfassung -----	1,9
A	US 2016/052543 A1 (WEINREICH FELIX [DE] ET AL) 25. Februar 2016 (2016-02-25) Zusammenfassung -----	1,9
A	US 2009/271070 A1 (FELLER ROSS [US] ET AL) 29. Oktober 2009 (2009-10-29) Zusammenfassung -----	1,9

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/059509

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 2905203	A1	12-08-2015	CN 104703862 A	10-06-2015
			EP 2905203 A1	12-08-2015
			JP 6003997 B2	05-10-2016
			JP W02014054474 A1	25-08-2016
			MX 352528 B	29-11-2017
			RU 2015116650 A	27-11-2016
			US 2015210318 A1	30-07-2015
			WO 2014054474 A1	10-04-2014
-----				
EP 2905205	A1	12-08-2015	CN 104703863 A	10-06-2015
			EP 2905205 A1	12-08-2015
			JP 5979238 B2	24-08-2016
			JP W02014054625 A1	25-08-2016
			US 2015225015 A1	13-08-2015
			WO 2014054625 A1	10-04-2014
-----				
EP 2905207	A1	12-08-2015	CN 104736416 A	24-06-2015
			EP 2905207 A1	12-08-2015
			JP 5994861 B2	21-09-2016
			JP W02014054476 A1	25-08-2016
			US 2015225014 A1	13-08-2015
			WO 2014054476 A1	10-04-2014
-----				
US 2014121904	A1	01-05-2014	CN 103723186 A	16-04-2014
			DE 102013218721 A1	15-05-2014
			US 2014121904 A1	01-05-2014
			US 2017369096 A1	28-12-2017
-----				
US 6763908	B2	20-07-2004	DE 10259286 A1	04-09-2003
			JP 3593110 B2	24-11-2004
			JP 2003237604 A	27-08-2003
			US 2003150666 A1	14-08-2003
-----				
DE 10325587	A1	08-01-2004	CN 1468772 A	21-01-2004
			DE 10325587 A1	08-01-2004
			JP 2004009857 A	15-01-2004
			TW I263605 B	11-10-2006
-----				
US 2010211264	A1	19-08-2010	CN 101823502 A	08-09-2010
			DE 102009000868 A1	26-08-2010
			US 2010211264 A1	19-08-2010
-----				
US 2016052543	A1	25-02-2016	CN 105365883 A	02-03-2016
			DE 102014216574 A1	25-02-2016
			US 2016052543 A1	25-02-2016
-----				
US 2009271070	A1	29-10-2009	KEINE	
-----				