

(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
02. November 2017 (02.11.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/186564 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B62D 5/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/059382

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. April 2017 (20.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 005 013.6
26. April 2016 (26.04.2016) DE

(71) Anmelder: THYSSENKRUPP PRESTA AG [LI/LI]; Es-
sanestraße 10, 9492 Eschen (LI). THYSSENKRUPP AG
[DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

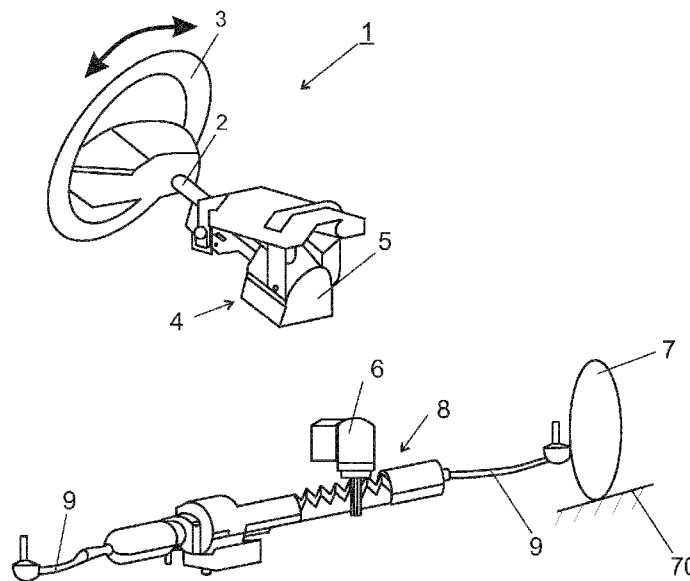
(72) Erfinder: ROHRMOSER, Manuel; Bitschweg 1, 6714
Nüziders (AT).

(74) Anwalt: THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PRO-
PERTY 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, 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,
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.

(54) Title: HANDS-ON/-OFF DETECTION IN A STEER-BY-WIRE SYSTEM

(54) Bezeichnung: HANDS -ON/-OFF ERKENNUNG IN EINEM STEER-BY-WIRE SYSTEM



Figur 1

(57) Abstract: The invention relates to a steer-by-wire steering system (1) for motor vehicles, comprising a steering adjuster (6), which acts on the steered wheels (7) and which is electronically controlled in accordance with a driver steering request, a feedback actuator (4), which transfers feedback from the road (70) to a steering control, and a control unit (5), which controls the feedback actuator (4) and the steering adjuster (6), wherein the control unit (5) has an estimator (11), which comprises an observer and a model (12) of the feedback actuator (4), wherein the estimator (11) is designed to estimate a driver steering torque on the basis of measured values of the feedback actuator (4) and by means of the model (12) and the observer and to provide said driver steering torque as a result, and wherein the control unit (5) also comprises a filter unit (13), which is designed to analyze the measured values of the feedback actuator



WO 2017/186564 A1

(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)

(4) by determining the damping of amplitudes of specified frequency ranges and to provide the result, and wherein the control unit (5) also has a decision unit (14), which is designed to decide whether there is hand contact of the driver on a steering wheel (3) or not on the basis of the results of the filter unit (13) and of the estimator (11).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Steer-by-Wire-Lenksystem (1) für Kraftfahrzeuge mit einem auf die gelenkten Räder (7) wirkenden, in Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteiler (6), mit einem Rückwirkungen der Straße (70) auf ein Steuer übertragenden Feedback-Aktuator (4), und einer Steuereinheit (5), die den Feedback-Aktuator (4) und den Lenksteiler (6) ansteuert, wobei die Steuereinheit (5) einen Schätzer (11) umfassend einen Beobachter und ein Modell (12) des Feedback-Aktuators (4) aufweist, wobei der Schätzer (11) dazu eingerichtet ist, basierend auf Messwerten des Feedback-Aktuators (4) und mithilfe des Modells (12) und des Beobachters ein Fahrerlenkmoment zu schätzen und als Ergebnis bereitzustellen, und wobei die Steuereinheit (5) weiterhin eine Filtereinheit (13) umfasst, die dazu eingerichtet ist, die Messwerte des Feedback-Aktuators (4) durch Bestimmung der Dämpfung von Amplituden vorgegebener Frequenzbereiche zu analysieren und das Ergebnis bereitzustellen, und wobei die Steuereinheit (5) weiterhin eine Entscheidungseinheit (14) aufweist, die derart aufgebaut ist, anhand der Ergebnisse der Filtereinheit (13) und des Schätzers (11) zu entscheiden, ob eine Handberührung des Fahrers an einem Lenkrad (3) vorliegt oder nicht.

Hands-On/-Off-Erkennung in einem Steer-by-Wire-System

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Steer-by-Wire-Lenksystem für Kraftfahrzeuge mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

- 5 In Steer-by-Wire-Lenksystemen ist die Stellung der gelenkten Räder nicht direkt mit dem Lenkrad gekoppelt. Es besteht eine Verbindung zwischen dem Lenkrad und den gelenkten Rädern über elektrische Signale. An Stelle der mechanischen Kopplung werden ein Radwinkelsteller zur Positionierung der Räder sowie ein Handkraftaktuator zur Simulation der Rückstellkräfte am
10 Lenkrad verwendet.

Zur Erhöhung der Fahrsicherheit eines Kraftfahrzeugs im Straßenverkehr weisen moderne Kraftfahrzeuge eine zunehmende Anzahl von Fahrerassistenzsysteme auf, welche auf die Erhöhung der aktiven Sicherheit gerichtet sind. Neben Geschwindigkeitsregelungen und teilweise damit verknüpften Abstandsregelungen sind auch Spurhaltesysteme bekannt.
15

Für diese Systeme ist eine Lenkradüberwachung wichtig, die feststellt, ob eine Fahreraktivität am Lenkrad vorliegt oder nicht.

Dabei wird im Folgenden eine Situation, in der der Fahrer das Lenkrad ergriffen hat, als Hands-On-Situation, und eine Situation, in der der Fahrer das
20 Lenkrad nicht ergriffen hat, also eine Freihandfahrt, als Hands-Off-Situation bezeichnet, was den in diesen technischen Bereichen verwendeten Begriffen entspricht.

Aus DE 10 2009 028 647 B3 ist eine Hands-On/Off-Erkennung eines elektrisch unterstützten Lenksystems bekannt. Die Erkennung der Fahreraktivität am
25 Lenkrad erfolgt mittels eines Testsignals. Hierbei generiert ein Beobachter aus dem Testsignal und dem Drehmoment des Lenkrads ein Modell.

Die DE 10 2010 019 236 B3 offenbart ebenfalls ein Verfahren zum Messen einer Handberührung eines Steuers eines Hubschraubers. Dabei wird anhand von Bewegungssignalen des Steuers ein Frequenzspektrum ermittelt, wodurch

erkannt werden kann, ob der Fahrer mit dem Steuer in Kontakt steht. Zusätzlich werden in der Umgebung des Steuers Vibrationen erfasst. Das Frequenzspektrum bei ungegriffenem Steuer unterscheidet sich dabei vom Frequenzspektrum eines berührten Steuers. Diese Verfahren haben jedoch den
5 Nachteil, dass sie nicht stets die gewünschte Genauigkeit aufweisen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Steer-by-Wire-Lenksystem für Kraftfahrzeuge mit genauer, ausreichend schneller und stets zuverlässig arbeitender Lenkradüberwachung anzugeben.

10 Diese Aufgabe wird von einem Steer-by-Wire-Lenksystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und einem Verfahren zur Bestimmung eines Kontaktzustandes mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung genannt.

15 Demnach ist ein Steer-by-Wire-Lenksystem für Kraftfahrzeuge mit einem auf die gelenkten Räder wirkenden, in Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteller, mit einem Rückwirkungen der Straße auf ein Lenkrad übertragenden Feedback-Aktuator, und einer Steuereinheit, die den Feedback-Aktuator und den Lenksteller ansteuert, vorgesehen, wobei die Steuereinheit einen Schätzer umfassend einen Beobachter und ein Modell des Feedback-Aktuators aufweist, wobei der Schätzer dazu eingerichtet ist,
20 basierend auf Messwerten des Feedback-Aktuators und mithilfe des Modells und des Beobachters ein Fahrerlenkmoment zu schätzen und als Ergebnis bereitzustellen, und wobei die Steuereinheit weiterhin eine Filtereinheit umfasst, die dazu eingerichtet ist, die Messwerte des Feedback-Aktuators durch Bestimmung der Dämpfung von Amplituden vorgegebener Frequenz-
25 bereiche zu analysieren und das Ergebnis bereitzustellen, zudem weist die Steuereinheit weiterhin eine Entscheidungseinheit auf, die derart aufgebaut ist, anhand der Ergebnisse der Filtereinheit und des Schätzers zu entscheiden, ob eine Handberührung des Fahrers am Lenkrad vorliegt oder nicht.

30 Dadurch, dass neben einem Schätzer auch durch Analyse des Frequenzspektrums der Kontaktzustand überprüft wird, arbeitet die Lenkradüberwachung des erfindungsgemäßen Lenksystems schnell und stets zuverlässig.

Vorzugsweise umfasst die Filtereinheit einen Goertzel-Algorithmus um nur Teile des Frequenzspektrums zu analysieren.

Der Beobachter ist bevorzugt ein Kalman Filter oder bei nicht-linearen Systemen ein „Extended Kalman Filter“.

- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Entscheidungseinheit weiterhin derart aufgebaut ist, dass sie im Falle einer nicht hinreichenden Genauigkeit der Bestimmung des Dämpfungsgrades ein Testsignal an den Feedback-Aktuator schicken kann, wobei ausgehend von dem Testsignal mit Hilfe der Filtereinheit und des Schätzers die Entscheidungseinheit zuverlässig entscheiden kann, ob eine Handberührung des
10 Fahrers am Lenkrad vorliegt oder nicht. Der Termin „Hinreichend Genau“ bezieht sich dabei auf das gemessene Frequenzspektrum und ob genügend Vibrationen vorliegen mit deren Hilfe, eine eventuell vorliegende Dämpfung von Amplituden in vordefinierten Frequenzbereichen bestimmt werden kann.
- 15 Zum Beispiel im Zuge eines automatischen Einparkvorgangs ist beim Stillstand des Kraftfahrzeugs zu erwarten, dass die Vibrationen am Lenkrad zu klein sind. Es ist daher ein Testsignal notwendig, um sicher und zuverlässig zu entscheiden, ob der Fahrer seine Hände am Lenkrad hat oder nicht. Vorzugsweise ist das eingeleitete Testsignal nicht durch den Fahrer am Lenkrad
20 wahrnehmbar.

Weiterhin ist ein entsprechendes Verfahren zur Bestimmung eines Kontaktzustandes zwischen mindestens einem Fahrer eines Kraftfahrzeuges mit einem Steer-by-Wire-Lenksystem und einem Lenkrad des Steer-by-Wire-Lenksystems vorgesehen, wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem einen in
25 Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteller, einen Rückwirkungen der Straße auf das Steuer übertragenden Feedback-Aktuator, und eine Steuereinheit, die den Feedback-Aktuator und den Lenksteller ansteuert, aufweist, und das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- 30 a) Ermitteln eines Frequenzspektrums von Bewegungssignalen, die von Sensoren des Feedback-Aktuators erfasst werden,
- b) Analyse des Frequenzspektrums mit Bestimmung der Dämpfung von

Amplituden vorgegebener Frequenzbereiche,

- c) Schätzen eines Fahrerlenkmoments mittels eines geeigneten Beobachters des Feedback-Aktuators, eines Modells des Feedback-Aktuators und der Bewegungssignale.
- 5 Vorzugsweise ist ein Verfahrensschritt d) vorgesehen, der falls die Analyse des Frequenzspektrums eine hinreichende Genauigkeit aufweist, Bestimmung des Kontaktzustandes durch Analyse des geschätzten Fahrerlenkmoments, des Frequenzspektrums und der Dämpfung der Amplituden der vorgegebenen Frequenzbereiche, umfasst. Und weiterhin bevorzugt, im Falle einer nicht
- 10 hinreichenden Genauigkeit der Analyse des Frequenzspektrums, die Schritte
- Aussetzen der Entscheidung ob ein Kontakt vorliegt,
 - Ausgabe eines Testsignals an den Feedback-Aktuator, umfasst. Worauf nach dem Erzeugen des Testsignals, das Verfahren zur Analyse des Testsignals gemäß den Verfahrensschritten a)-d) durchgeführt wird.
- 15 Vorzugsweise erfolgt die Analyse des Frequenzspektrums in Schritt b) durch einen Vergleich zwischen dem ermittelten Frequenzspektrum und einem hinterlegten Referenz-Frequenzspektrum.
- In einer bevorzugten Ausführungsform wird das in Schritt b) ermittelte Frequenzspektrum gefiltert und die Analyse des Frequenzspektrums in
- 20 Abhängigkeit des gefilterten Frequenzbereichs des Frequenzspektrums durchgeführt.
- Wie bereits oben dargestellt, erfolgt das Filtern bevorzugt durch einen Goertzel-Algorithmus.
- Vorteilhafterweise ist der Beobachter ein „Extended Kalman Filter“.
- 25 Bei dem Verfahren ist es von Vorteil, wenn das Modell des Feedback-Aktuators die Trägheit, Dämpfung/Reibung, Steifigkeit, Ungleichförmigkeit und/oder Totzeit des Systems beinhaltet.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfassen die Bewegungssignale einen von dem Feedback-Aktuator gemessenen Lenkwinkel und ein von dem

Feedback-Aktuator gemessenes Drehmoment.

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

5 zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Steer-by-Wire-Lenksystems,

Fig. 2: ein Blockdiagramm einer Steuerung des Steer-by-Wire-Lenksystems, sowie

Fig. 3: ein Blockdiagramm mit Steuereinheit und Feedback-Aktuator.

10 In der Figur 1 ist eine Steer-by-Wire-Lenkung 1 gezeigt. An einer Lenkwelle 2 ist ein nicht dargestellter Drehwinkelsensor angebracht, welcher das durch Drehen des Lenkrads 3 aufgebrachte Fahrerlenkmoment erfasst. Des Weiteren ist an der Lenkwelle 2 ein Feedback-Aktuator 4 angebracht, welcher dazu
15 überträgt und somit dem Fahrer eine Rückmeldung über das Lenk- und Fahrverhalten des Fahrzeugs zu geben. Der Fahrerlenkwunsch wird über den vom Drehwinkelsensor gemessenen Drehwinkel der Lenkwelle 2 über Signal-
leitungen an eine Steuereinheit 5 übertragen. Die Steuereinheit 5 steuert in Abhängigkeit des Signals vom Drehwinkelsensor sowie weiteren Eingangs-
20 größen, wie z. B. Fahrzeuggeschwindigkeit, Gierrate und dergleichen einen elektrischen Lenksteller 6 an, welcher die Stellung der gelenkten Räder 7 steuert. Der Lenksteller 6 wirkt über ein Lenkgetriebe 8 sowie Spurstangen 9 und anderen Bauteilen mittelbar auf die gelenkten Räder 7.

Figur 2 zeigt den Zusammenhang zwischen Feedback-Aktuator 4, Steuerein-
25 heit 5 und Lenksteller 6. Der Feedback-Aktuator 4 weist den Drehwinkelsensor, einen Drehmomentsensor und einen Motor 10 auf. Der Feedback-Aktuator 4 kommuniziert mit der Steuereinheit 5, die einen Schätzer 11 aufweist. Wie in Figur 3 dargestellt ist, empfängt der Schätzer 11 Signale vom Feedback-Aktuator 4, die ein am Feedback-Aktuator 4 anliegenden Lenkwinkel
30 und ein Drehmoment repräsentieren.

Der vom Feedback-Aktuator 4 mittels des Drehwinkelsensors gemessene Lenkwinkel und das mittels des Drehmomentsensors gemessene Drehmoment stellen somit die Eingangsgrößen für den Schätzer 11 dar.

Der Schätzer schätzt aus diesen Messwerten ein Lenkmoment des Fahrers bzw. ein Fahrerlenkmoment; das Moment, welches der Fahrer auf das Lenkrad aufbringt. Dazu verwendet der Schätzer ein Modell 12 des Feedback-Aktuators 5 und einen Kalman-Filter, als Beobachter.

Als Input für das Zustands-Modell 12 des Feedback-Aktuators 4 werden unter anderem folgende physikalische Eigenschaften berücksichtigt: die Trägheit, Dämpfung/Reibung, Steifigkeit, Ungleichförmigkeit und Totzeit des Systems.

Das Konzept eines Kalmanfilters betrifft ein Verfahren zum Schätzen der zeitlichen Entwicklung linearer Systeme, mittels welchem Störungen von einem Messsignal entfernt werden können. Das Filter benötigt hierzu ein Modell des zu schätzenden Systems.

Bevorzugt werden nichtlineare Zusammenhänge berücksichtigt, so dass der Schätzer auf einem Extended-Kalman-Filter und einem nicht-linearen Modell des Feedbackaktuators basiert.

Zusätzlich zu dem geschätzten Fahrerlenkmoment werden aus dem vom Feedback-Aktuator gemessenen Lenkwinkel und Drehmoment mittels eines Filters 13 die Dämpfung von Amplituden vorbestimmter Frequenzbereiche bestimmt.

Umfasst der Fahrer das Lenkrad 3, so werden aufgrund des neuen mechanischen Gesamtsystems und der veränderten Dämpfungseigenschaften Vibrationen zum Teil geschluckt. Die Frequenzspektren des ungegriffenen Lenkrads unterscheiden sich charakteristisch von denen des gegriffenen Lenkrads. Der Unterschied zwischen Hands-on und Hands-off Zustand ist somit im Frequenzspektrum der gemessenen Sensorsignale des Feedbackaktuators 4 sichtbar.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn nur bestimmte Frequenzbereiche verwendet werden. So ist beispielsweise bekannt, dass in höheren Frequenzbereichen

charakteristische Vibrationen erkennbar sind, die sich aus Vibrationen aus der Umgebung des Lenkrads zusammensetzen. Wird nun das Lenkrad gegriffen, so verändern sich diese Frequenzbereiche entsprechend, was dann detektierbar ist.

- 5 Vorzugsweise analysiert ein Goertzel-Algorithmus nur bestimmte Frequenzbereiche, anhand deren eine Lenkradüberwachung vollzogen wird.

Es liegen somit zwei nahezu unabhängig voneinander getroffene Einschätzungen vor, die in einem finalen Auswerteschritt einer Entscheidungseinheit 14 miteinander verknüpft werden, um zuverlässig zu bestimmen, ob am Lenkrad
10 eine Handberührung bzw. ein Fahrerlenkmoment anliegt oder nicht.

Falls die im Fahrbetrieb auftretenden Vibrationen für die Bestimmung der Dämpfungen der Amplituden in den vorbestimmten Frequenzbereichen nicht ausreichen, wird zusätzlich ein Testsignal 15 in einer bestimmten Intensität und Amplitude mittels des Feedback-Motors 10 in den Feedback-Aktuator 4
15 eingeleitet und eine symmetrische Schwingung am Lenkrad 3 erzeugt. Daraufhin wird wiederum anhand des geschätzten Fahrerlenkmoments und mittels Frequenzanalyse des Goertzel-Filters eine Beeinflussung des Feedback-Aktuators 4 durch eine Berührung des Lenkrads 3 erkannt und damit der aktuelle Bedienzustand (Hands-On/-Off) bestimmt.

20 Befindet sich das Fahrzeug in einer Kurvenfahrt und wird eine Hands-off Situation am Lenkrad 3 ermittelt, kann es notwendig sein, das Lenkrad 3 in die neutrale Position zurück zu bewegen, um eine Geradeausfahrt zu ermöglichen. Bei der Rückstellung des Lenkrads 3 in die neutrale Position wird das am Lenkrad 3 anliegende Lenkgefühl angepasst. Unter „angepasst“ ist zu
25 verstehen, dass über eine höhere einstellbare Reibung bzw. Dämpfung in Abhängigkeit der Fahrzeug- und Lenkwinkelgeschwindigkeit und der Lenkrichtung eine gleichmäßige Rückstellung ermöglicht wird und dem Fahrer damit ein möglichst natürliches Lenkgefühl bei erneuter Hands-On Situation bereitgestellt wird.

Patentansprüche

1. Steer-by-Wire-Lenksystem (1) für Kraftfahrzeuge mit einem auf die gelenkten Räder (7) wirkenden, in Abhängigkeit eines Fahrerlenk-
wunsches elektronisch geregelten Lenksteller (6), mit einem Rück-
wirkungen der Straße (70) auf ein Steuer übertragenden Feedback-
Aktuator (4), und einer Steuereinheit (5), die den Feedback-Aktuator (4)
und den Lenksteller (6) ansteuert, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
Steuereinheit (5) einen Schätzer (11) umfassend einen Beobachter und
ein Modell (12) des Feedback-Aktuators (4) aufweist, wobei der Schätzer
(11) dazu eingerichtet ist, basierend auf Messwerten des Feedback-
Aktuators (4) und mithilfe des Modells (12) und des Beobachters ein
Fahrerlenkmoment zu schätzen und als Ergebnis bereitzustellen,
dass die Steuereinheit (5) weiterhin eine Filtereinheit (13) umfasst, die
dazu eingerichtet ist, die Messwerte des Feedback-Aktuators (4) durch
Bestimmung der Dämpfung von Amplituden vorgegebener
Frequenzbereiche zu analysieren und das Ergebnis bereitzustellen,
und dass die Steuereinheit (5) weiterhin eine Entscheidungseinheit (14)
aufweist, die derart aufgebaut ist, anhand der Ergebnisse der Filtereinheit
(13) und des Schätzers (11) zu entscheiden, ob eine Handberührung des
Fahrers an einem Lenkrad (3) vorliegt oder nicht.
2. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Filtereinheit (13) einen Goertzel-Algorithmus umfasst.
3. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekenn-
zeichnet**, dass der Beobachter ein Extended Kalman Filter ist.
4. Steer-by-Wire-Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Entscheidungseinheit (14) weiterhin
derart aufgebaut ist, dass sie im Falle einer nicht hinreichenden
Genauigkeit der Bestimmung der Dämpfung in der Filtereinheit (13) ein
Testsignal (15) an den Feedback-Aktuator (4) schicken kann, wobei

anhand des Testsignals die Entscheidungseinheit (14) mit Hilfe der Filtereinheit (13) und dem Schätzer (11) zuverlässig entscheiden kann, ob eine Handberührung des Fahrers am Lenkrad (3) vorliegt oder nicht.

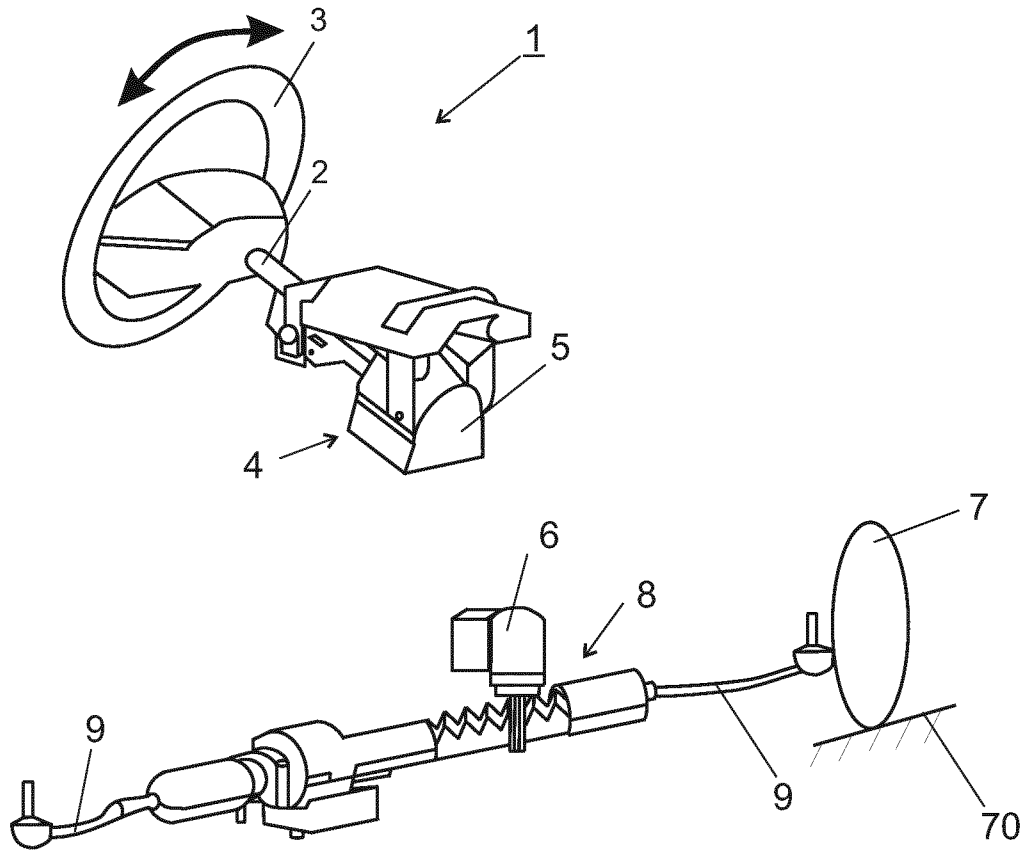
5. Verfahren zur Bestimmung eines Kontaktzustandes zwischen mindestens einem Fahrer eines Kraftfahrzeuges mit einem Steer-by-Wire-Lenksystem (1) und einem Lenkrad (3) des Steer-by-Wire-Lenksystems, wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem einen in Abhängigkeit eines Fahrerlenkwunsches elektronisch geregelten Lenksteller (6), einen Rückwirkungen der Straße (70) auf das Lenkrad (3) übertragenden Feedback-Aktuator (4), und eine Steuereinheit (4), die den Feedback-Aktuator (4) und den Lenksteller (6) ansteuert, aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:
- a) Ermitteln eines Frequenzspektrums von Bewegungssignalen, die von Sensoren des Feedback-Aktuators (4) erfasst werden,
 - b) Analyse des Frequenzspektrums mit Bestimmung der Dämpfung von Amplituden vorgegebener Frequenzbereiche,
 - c) Schätzen eines Fahrerlenkmoments mittels eines geeigneten Beobachters des Feedback-Aktuators, eines Modells (12) des Feedback-Aktuators (4) und der Bewegungssignale.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren weiterhin folgende Schritte aufweist:
- d) Falls die Analyse des Frequenzspektrums eine hinreichende Genauigkeit aufweist, Bestimmung des Kontaktzustandes durch Analyse des geschätzten Fahrerlenkmoments, des Frequenzspektrums und der Dämpfung der Amplituden der vorgegebenen Frequenzbereiche.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verfahrensschritt d) zusätzlich folgende Schritte umfasst:
- im Falle einer nicht hinreichenden Genauigkeit der Analyse des

Frequenzspektrums

- Aussetzen der Entscheidung ob ein Kontakt vorliegt,
- Ausgabe eines Testsignals (15) an den Feedback-Aktuator (4),

5 und darauf hin das Verfahren zur Analyse des Testsignals gemäß den Verfahrensschritten a)-d) durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Analyse des Frequenzspektrums in Schritt b) durch Vergleich zwischen dem ermittelten Frequenzspektrum und einem hinterlegten Referenz-Frequenzspektrums erfolgt.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt b) das ermittelte Frequenzspektrum gefiltert wird und die Analyse des Frequenzspektrums in Abhängigkeit des gefilterten Frequenzbereichs des Frequenzspektrums erfolgt.
- 15 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Filtern einen Goertzel-Algorithmus umfasst.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Beobachter ein „Extended Kalman Filter“ ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Modell (12) des Feedback-Aktuators (4) die Trägheit, Dämpfung/Reibung, Steifigkeit, Ungleichförmigkeit und/oder Totzeit des Systems beinhaltet.
- 20 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegungssignale einen von dem Feedback-Aktuator (4) gemessenen Drehwinkel der Lenkwelle (2) und ein von dem Feedback-Aktuator (4) gemessenes Drehmoment umfassen.
- 25



Figur 1

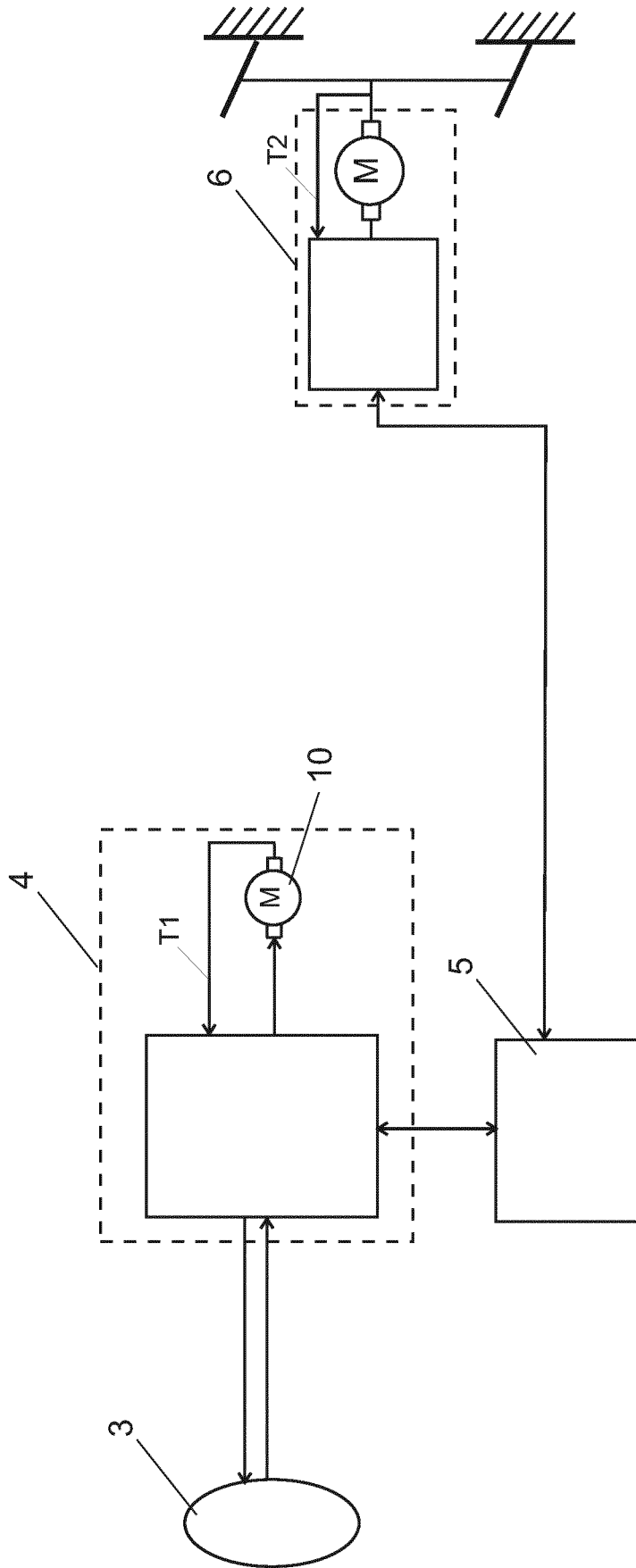


Fig. 2

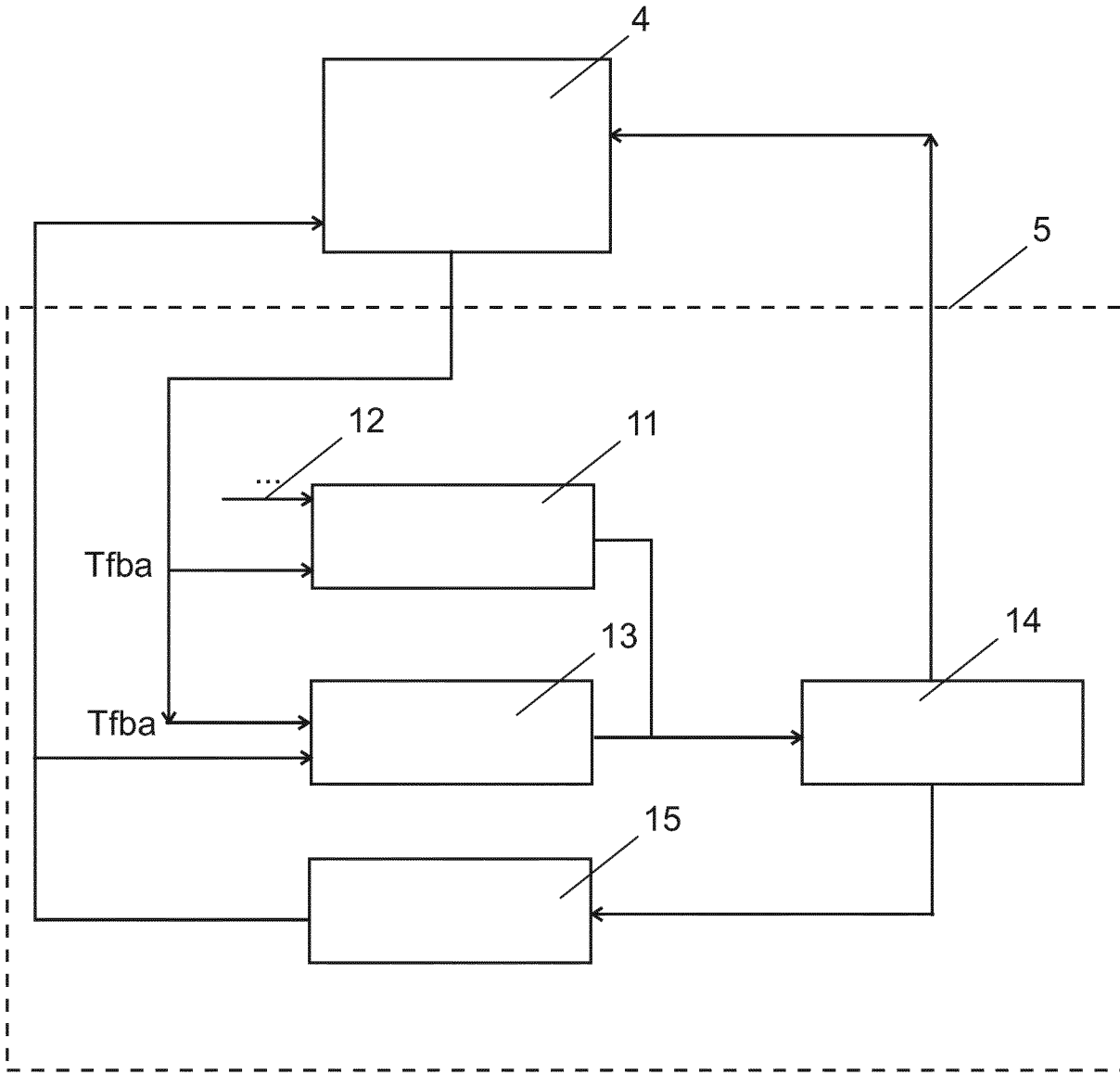


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/059382

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B62D5/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B60W 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014/371989 A1 (TRIMBOLI SERGIO [DE] ET AL) 18 December 2014 (2014-12-18) paragraph [0014] - paragraph [0051]; figures 1-3	1-13
A	DE 10 2009 028647 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]) 24 February 2011 (2011-02-24) cited in the application paragraph [0020] - paragraph [0062]; figures 1-5	1-13
A	DE 10 2007 039332 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 28 February 2008 (2008-02-28) paragraph [0026] - paragraph [0047]; figures 1-4	1-13

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "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)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "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
- "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
- "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
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 28 July 2017	Date of mailing of the international search report 07/08/2017
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Kamara, Amadou
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/059382

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014371989 A1	18-12-2014	CN 104228845 A DE 102013211052 B3 US 2014371989 A1	24-12-2014 18-12-2014 18-12-2014
DE 102009028647 A1	24-02-2011	DE 102009028647 A1 WO 2011020631 A1	24-02-2011 24-02-2011
DE 102007039332 A1	28-02-2008	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B62D5/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60W 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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2014/371989 A1 (TRIMBOLI SERGIO [DE] ET AL) 18. Dezember 2014 (2014-12-18) Absatz [0014] - Absatz [0051]; Abbildungen 1-3 -----	1-13
A	DE 10 2009 028647 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]) 24. Februar 2011 (2011-02-24) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0020] - Absatz [0062]; Abbildungen 1-5 -----	1-13
A	DE 10 2007 039332 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 28. Februar 2008 (2008-02-28) Absatz [0026] - Absatz [0047]; Abbildungen 1-4 -----	1-13
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
28. Juli 2017		07/08/2017
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 Kamara, Amadou

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/059382

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014371989 A1	18-12-2014	CN 104228845 A	24-12-2014
		DE 102013211052 B3	18-12-2014
		US 2014371989 A1	18-12-2014

DE 102009028647 A1	24-02-2011	DE 102009028647 A1	24-02-2011
		WO 2011020631 A1	24-02-2011

DE 102007039332 A1	28-02-2008	KEINE	
