

(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. Januar 2020 (02.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/002204 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B62D 5/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/066622

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Juni 2019 (24.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 115 329.5
26. Juni 2018 (26.06.2018) 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: **HAMORI, Botond**; Hidász u. 16., 1026 Buda-
pest (HU). **POLMANS, Kristof**; Strad 6b, 6464 Tarenz
(AT). **SZEPESSY, Imre**; Auf Berg 106, 9493 Mauren (LI).

(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, 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: STEER-BY-WIRE STEERING SYSTEM HAVING CHARACTERISTIC CURVES FOR A STEERING RATIO ADAP-
TED TO THE STEERING SITUATION

(54) Bezeichnung: STEER-BY-WIRE-LENKSYSTEM MIT KENNLINIEN FÜR EINE DER LENKSITUATION ANGEPASSTE
LENKÜBERSETZUNG

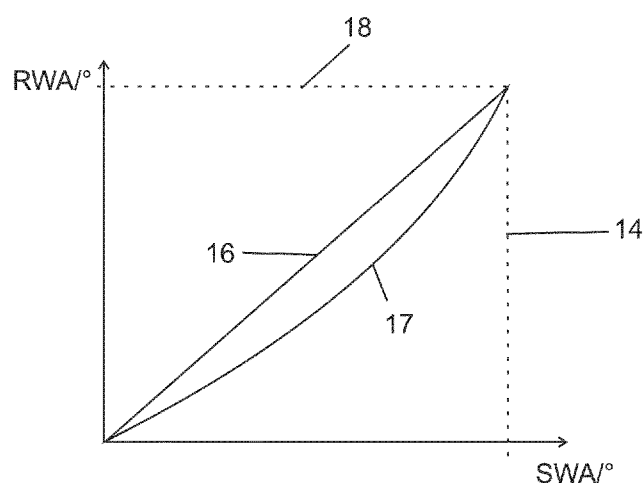


Fig. 7

(57) Abstract: The invention relates to a steer-by-wire steering system for a motor vehicle, comprising an electronically controlled steering actuator (9), which acts on steered wheels (10), as a function of a steering wheel angle (SWA) applied to the steering wheel, and which, by means of a steering gear (11), pivots the steered wheels (10) by a wheel steering angle (RWA), and a feedback actuator (4), which transfers feedback from the road to a steering shaft (2) connected to the steering wheel (3), wherein the steer-by-wire steering system has at least two characteristic curves for a steering ratio between the wheel steering angle (RWA) and the steering wheel angle (SWA), wherein the at least two characteristic curves have one characteristic curve for low speeds (16) and one characteristic curve for high speeds (17), and wherein the characteristic curve for low speeds (16) is linear and the characteristic curve for high speeds (17) is non-linear.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Steer-by-Wire-Lenkssystem für ein Kraftfahrzeug umfassend einen auf gelenkte



WO 2020/002204 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)

Räder (10) wirkenden, in Abhängigkeit eines am Lenkrad aufgebrauchten Lenkradwinkel (SWA) elektronisch geregelten Lenksteller (9), der mittels eines Lenkgetriebes (11) die gelenkten Räder (10) um einen Radlenkwinkel (RWA) verschwenkt, und einen Rückwirkungen der Straße auf eine mit dem Lenkrad (3) verbundene Lenkwelle (2) übertragenden Feedback-Aktuator (4), wobei das Steer-by-Wire-Lenkssystem wenigstens zwei Kennlinie für eine Lenkübersetzung zwischen dem Radlenkwinkel (RWA) und dem Lenkradwinkel (SWA) aufweist, wobei die wenigstens zwei Kennlinien eine Kennlinie für niedrige Geschwindigkeiten (16) und eine Kennlinie für hohe Geschwindigkeiten (17) aufweisen, und wobei die Kennlinie für niedrige Geschwindigkeiten (16) linear und die Kennlinie für hohe Geschwindigkeiten (17) nichtlinear ist.

5

10

Steer-by-Wire-Lenksystem mit Kennlinien für eine der Lenksituation angepasste Lenkübersetzung

- 15 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Steer-by-Wire-Lenksystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und einen Feedback-Aktuator für ein solches Steer-by-Wire-Lenksystem.

In Steer-by-Wire-Lenksystemen gibt es keine direkte mechanische Kopplung zwischen dem Lenkrad und dem Lenkgestänge und die Fahrzeugräder werden
20 direkt mit Hilfe eines Servomotors bewegt. Der maximale Einschlagwinkel des Lenkrades ist daher nicht mehr über mechanische Anschläge im Lenkgetriebe definiert. Der maximale Lenkwinkelschlag der Räder ist in Steer-by-Wire-Systemen aber dennoch beschränkt. Dem Fahrer ist daher anzuzeigen, wann ein maximaler Lenkeinschlag erreicht wird. Ein Feedback-Aktuator, der am
25 Lenkrad bzw. der Lenksäule angeordnet ist und der Lenkhandhabe ein Lenkgefühl aufprägt, kann dazu verwendet werden, den maximalen Einschlagwinkel des Lenkrades auf einen bestimmten Winkel (oder eine vordefinierte Umdrehungsanzahl) zu begrenzen. Ist allerdings das von dem Feedback-Aktuator bereitgestellte Sperrmoment begrenzt, kann der Fahrer das Lenkrad
30 über den Endanschlag hinaus drehen. In diesem Fall werden die Räder nicht weiter eingelenkt und es kommt zu einer Unterbrechung der logischen Verbindung bzw. der Übersetzung zwischen Lenkradwinkel und Lenkwinkelschlag der Räder.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Steer-by-Wire-Lenksystem anzugeben, das stets ein sicheres und für den Fahrer angenehmes Lenkgefühl bereitstellt.

5 Diese Aufgabe wird durch einen Steer-by-Wire-Lenksystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und von einem Feedback-Aktuator für ein solches Steer-by-Wire-Lenksystem gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

10 Im Folgenden wird unter niedrigen und hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten unterschieden. Dabei werden unter niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten vorzugsweise zum Parkieren benötigte Geschwindigkeiten verstanden, welche bevorzugt in einem Bereich zwischen 0-35 km/h liegen. Hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten sind hingegen Fahrzeuggeschwindigkeiten in einem Bereich zwischen 35km/h und 250km/h. Der Bereich der hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten schließt sich dabei nahtlos an den Bereich der niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten an. Weiterhin wird zwischen kleinen und großen
15 Lenkradwinkeln unterschieden, deren Bereiche ebenfalls nahtlos aneinander liegen. Kleine Lenkradwinkeln sind dabei vorzugsweise Lenkradwinkel in einem Bereich zwischen 0° und 180°, insbesondere 0° und 90°.

20 Es ist ein Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug umfassend einen auf gelenkte Räder wirkenden, in Abhängigkeit eines am Lenkrad aufgebracht Lenkradlenkwinkel elektronisch geregelten Lenksteller, der mittels eines Lenkgetriebes die gelenkten Räder um einen Radlenkwinkel verschwenkt, vorgesehen, wobei das Lenksystem weiterhin einen Rückwirkungen der Straße auf eine mit dem Lenkrad verbundene Lenkwelle
25 übertragenden Feedback-Aktuator umfasst, wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem wenigstens zwei Kennlinien für eine Lenkübersetzung zwischen dem Radlenkwinkel und dem Lenkradwinkel aufweist, wobei die wenigstens zwei Kennlinien eine Kennlinie für niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten und eine Kennlinie für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten aufweist, wobei die
30 Kennlinie für niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten linear und die Kennlinie für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten nichtlinear ist. Es ist auch denkbar und möglich, dass die Kennlinie für niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten nicht

linear ist und die Kennlinie für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten linear ist. Dabei ist es bevorzugt, wenn die nichtlineare Kennlinie für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten bei kleinen Lenkradwinkeln langsam ansteigt und bei großen Lenkradwinkeln stärker ansteigt, wobei die Steigung bei großen
5 Lenkradwinkeln größer ist als bei der linearen Kennlinie für niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten. Die nichtlineare Kennlinie für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten nimmt vorzugsweise bei einem Maximalwert des Radlenkwinkels einen maximalen Wert des Lenkradwinkels ein. Der gesamte Lenkbereich steht dem Fahrer somit auch bei hohen Fahrzeuggeschwindig-
10 keiten trotz indirekter Lenkübersetzung zur Verfügung. Es ist bevorzugt, wenn der maximale Wert des Lenkradwinkels durch einen Endanschlag an der Lenkwelle vorgegeben ist. Vorzugsweise werden zwischen zwei und sechzehn Kennlinien verwendet. Besonders bevorzugt werden acht Kennlinien verwendet. Der Endanschlag wird bevorzugt durch Interpolation der Kennlinien
15 ermittelt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform stellt der Feedback-Aktuator den Endanschlag an der Lenkwelle bereit. In diesem Fall kann der Endanschlag durch Kraftaufbringung am Lenkrad durch den Fahrer überwunden werden. Es sind auch noch andere Endanschläge denkbar, bei denen der Fahrer allesamt
20 das Lenkrad über den Endanschlag hinaus drehen kann. Für diese Fälle ist bevorzugt eine weitere Kennlinie vorgesehen, die eine Lenkübersetzung für das Zurücklenken von einer Lenkradposition aus, die sich hinter dem Endanschlag befindet, bereitstellt.

Dem Fahrer wird durch die weitere Kennlinie vorzugsweise immer eine
25 Reaktion auf seine Lenkeingabe durch Einschlagen der Räder vermittelt. Diese weitere Kennlinie ist in einer ersten möglichen Ausführungsform linear und weist eine konstante Steigung auf.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die weitere Kennlinie nichtlinear und vorzugsweise stetig. Die Nichtlinearität vermittelt dem Fahrer ein
30 angenehmeres Ansprechverhalten. Dabei ist die Steigung der Lenkübersetzung für größere Lenkradwinkel geringer als für kleinere Lenkradwinkel. Die Kennlinie flacht bevorzugt für große Lenkradwinkel ab und nähert sich dem

Maximalwert des Radlenkwinkels langsam. Für kleine Lenkradwinkel ist die Kennlinie bevorzugt linear.

Vorzugsweise verlaufen alle Kennlinien durch den Ursprung des Koordinatensystems, so dass eine Geradeausstellung der Räder einer Mittenposition des Lenkrades entspricht. Die Kennlinien sind weiterhin über den gesamten Wertebereich vorzugsweise stetig und weisen keine Unstetigkeiten auf.

Das Steer-by-Wire-Lenksystem umfasst bevorzugt eine Steuereinheit, in der die wenigstens zwei Kennlinien zur Ansteuerung des Lenkstellers hinterlegt sind.

10 Weiterhin ist ein Feedbackaktuator für ein Steer-by-Wire-Lenksystem eines Kraftfahrzeuges vorgesehen, der wie zuvor beschrieben, den Endanschlag bereitstellt und eine Steuereinheit aufweist, die die wenigstens zwei Kennlinien umfasst.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Für gleiche oder funktionsgleiche Elemente werden in allen Zeichnungen die gleichen Bezugszeichen verwendet. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung einer Steer-by-Wire Lenkung,

20 Fig. 2: einen Graphen eines Verlaufs eines Radlenkwinkels aufgetragen gegen einen Lenkradwinkel mit Erreichen eines Endanschlages des Feedback-Aktuators,

Fig. 3: eine schematische Darstellung eines Verlaufs eines Radlenkwinkels aufgetragen gegen einen Lenkradwinkel beim Zurücklenken von einer Position aus, die hinter dem Endanschlag liegt,

25 Fig. 4: einen Graphen mit einer linearen Übersetzung zwischen Radlenkwinkel und Lenkradwinkel für den Fall des Zurücklenkens,

Fig. 5: einen weiteren Graphen für den Fall des Zurücklenkens mit einer nichtlinearen Übersetzung zwischen Radlenkwinkel und Lenkradwinkel,

Fig. 6: einen linearen Verlauf einer Lenkübersetzung für niedrige und hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten, sowie

Fig. 7: einen weiteren Verlauf einer Lenkübersetzung für niedrige und hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten bei Lenkbewegungen bis zum Endanschlag.

In der Figur 1 ist ein Steer-by-Wire-Lenksystem 1 gezeigt. An einer Lenkwelle 2 ist ein nicht dargestellter Drehwinkelsensor angebracht, welcher das durch Drehen eines Lenkeingabemittels 3, welches im Beispiel als Lenkrad ausgebildet ist, aufgebrauchten Lenkradwinkel (SWA) erfasst. Es kann aber zusätzlich oder alternativ auch ein Lenkmoment erfasst werden. Des Weiteren ist an der Lenkwelle 2 ein Feedback-Aktuator 4 angebracht, welcher dazu dient, die Rückwirkungen von der Fahrbahn 5 auf das Lenkrad 3 zu simulieren 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 Signalleitungen 6 an eine Steuereinheit 7 übertragen. Die Steuereinheit 7 überträgt den Fahrerlenkwunsch über eine Signalleitung 8 an einen elektrischen Lenksteller 9, welcher die Stellung der gelenkten Räder 10 steuert. Der Lenksteller 9 wirkt über ein Lenkstangen-Lenkgetriebe 11, wie beispielsweise einem Zahnstangen-Lenkgetriebe, sowie über Spurstangen 12 und anderen Bauteilen mittelbar auf die gelenkten Räder 10, die um einen Radlenkwinkel (RWA) verschwenkt sind. Die Steuereinheit 7 übernimmt bevorzugt auch die Ansteuerung des Feedback-Aktuators 4 über eine Signalleitung 13. Der Feedback-Aktuator 4 ist dazu ausgebildet, beim Überschreiten eines vordefinierten Verdrehwinkels der Lenkwelle 2 ein Verdrehen der Lenkwelle 2 zu blockieren. Der Feedback-Aktuator 4 stellt somit einen Endanschlag für die Lenkwelle bzw. das Lenkrad bereit. Die Steuereinheit 7 ist bevorzugt integral mit dem Feedback-Aktuator 4 ausgebildet. Die Steuereinheit 7 umfasst Kennlinien, die eine Lenkübersetzung zwischen dem Radlenkwinkel RWA und dem Lenkradwinkel SWA definieren. Auf diese Kennlinien wird im Folgenden im Detail eingegangen.

Figur 2 zeigt einen Verlauf des Radlenkwinkels der lenkbaren Räder RWA in Abhängigkeit von dem Lenkradwinkel SWA. Wird an dem Lenkrad der von dem

Feedback-Aktuator bereitgestellte Endanschlag 14 überschritten, führt dies zu keiner Änderung des Radlenkwinkels. Die logische Verknüpfung zwischen dem Lenkradwinkel SWA und dem Radlenkwinkel RWA geht verloren.

- Figur 3 zeigt einen Fall in dem die lineare Übersetzung zwischen Radlenkwinkel RWA und Lenkradwinkel SWA auch beim Zurücklenken von einer Lenkradposition, die hinter dem Endanschlag liegt (der Endanschlag wurde überschritten), beibehalten wird. Zwar werden beim Zurücklenken bis zum Endanschlag die Räder entsprechend der Kennlinie bewegt, was für den Fahrer als Rückmeldung für die Lenkeingabe wichtig ist, aber es kommt zu einem ungewünschten Offset 15 zwischen Geradeausstellung der Räder und Mittenposition des Lenkrades. Die Kennlinie verläuft nicht durch den Ursprung des Koordinatensystems, d. h. die Räder sind in Geradeausstellung und das Lenkrad ist um den Offset eingeschlagen und befindet sich nicht in der Mittenposition.
- Der Radlenkwinkel der lenkbaren Räder wird daher in Abhängigkeit des Lenkradwinkels so gesteuert, dass der Fahrer bei einer Lenkbewegung über dem Endanschlag hinaus keine Änderung des Radlenkwinkels bewirkt und bei Erreichen der Mittenposition des Lenkrades sich die Räder in Geradeausstellung befinden. Wie in den Figuren 4 und 5 dargestellt ist, erfolgt dies durch Anpassung der Übersetzung zwischen Radlenkwinkel und Lenkradwinkel, wobei die Übersetzung das Verhältnis von Radlenkwinkel zu Lenkradwinkel angibt.

- Figur 4 zeigt die Abhängigkeit des Radlenkwinkels vom Lenkradwinkel bei einem Zurücklenken des Lenkrades von einem Punkt aus, der hinter dem Endanschlag 14 liegt. Die lineare Übersetzung wird dabei so angepasst, dass in der Mittenposition des Lenkrades die lenkbaren Räder in der Geradeausstellung sind. Zudem werden durch die durchgehende lineare Abhängigkeit die Räder entsprechend der Übersetzung auch beim Zurücklenken bis zum Endanschlag bewegt, was dem Fahrer auch über dem Endanschlag hinaus eine Rückmeldung für die Lenkeingabe vermittelt.

Figur 5 zeigt eine nichtlineare Änderung des Radlenkwinkels in Abhängigkeit des Lenkradwinkels. Diese nichtlineare Übersetzung erhöht den Fahrkomfort.

Für kleine Lenkradwinkel ist die Übersetzung nahezu linear und flacht dann ab, um sich dem Grenzwert des maximalen Radlenkwinkels langsam anzunähern. Bei kleinen Lenkradwinkeln ist die Übersetzung daher größer als bei großen Lenkradwinkeln. Bei einem Zurücklenken von einer Position aus, die hinter dem Endanschlag liegt, führt eine Änderung des Lenkradwinkels zu einer geringen Änderung des Radlenkwinkels, die für den Fahrer jedoch spürbar ist. Befindet sich das Lenkrad wieder in einem Normalbereich vor dem Endanschlag, ist die Übersetzung bevorzugt wieder linear und die Lenkübersetzung direkt. Zudem ist die Kennlinie so angepasst, dass in der Mittenposition des Lenkrades sich die lenkbaren Räder in der Geradeausstellung befinden.

In der Figur 6 ist eine lineare Änderung des Radlenkwinkels in Abhängigkeit des Lenkradwinkels für niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten 16 und hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten 17 dargestellt. Für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten ist es wünschenswert, dass die Übersetzung im Gegensatz zu niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten niedriger ist und somit eine Änderung des Lenkradwinkels zu einer geringeren Änderung des Radlenkwinkels führt. Die Lenkung bzw. die Lenkübersetzung wird dadurch bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten indirekter und es kann ein nervöses Lenkverhalten mit kleinen Lenkbewegungen der Räder reduziert werden, was den Fahrkomfort erhöht. Bei niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten wird hingegen eine ausreichende Agilität bereitgestellt. Problematisch ist, dass bei der dargestellten linearen Übersetzung bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten ein Endanschlag des Feedback-Aktuators 14 erreicht wird, bevor die Räder ihren maximalen Radlenkwinkel 18 einnehmen. Dieser Zustand ist unerwünscht, da dem Fahrer nur ein Teil des Lenkbereichs der Räder zur Verfügung steht.

Figur 7 zeigt eine Kennlinie für niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten 16 und eine Kennlinie für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten 17. Die Übersetzung für niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten entspricht der linearen Übersetzung der Figur 6. Für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten ist die Übersetzung hingegen nichtlinear. Das Verhältnis zwischen Radlenkwinkel und Lenkradwinkel für hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten ist für kleine Winkel in etwa linear und steigt dann stark an, so dass beim maximalen Radlenkwinkel 18 der Endanschlag

des Lenkrades 14 erreicht wird. Eine Änderung des Lenkradwinkels bei kleinen Lenkradwinkeln führt zu einer geringeren Änderung des Radlenkwinkels als bei großen Lenkradwinkeln. Bei großen Lenkradwinkeln ab etwa 180° endet der lineare Bereich und die Übersetzung steigt bis zum Endanschlag 14 an.

Patentansprüche

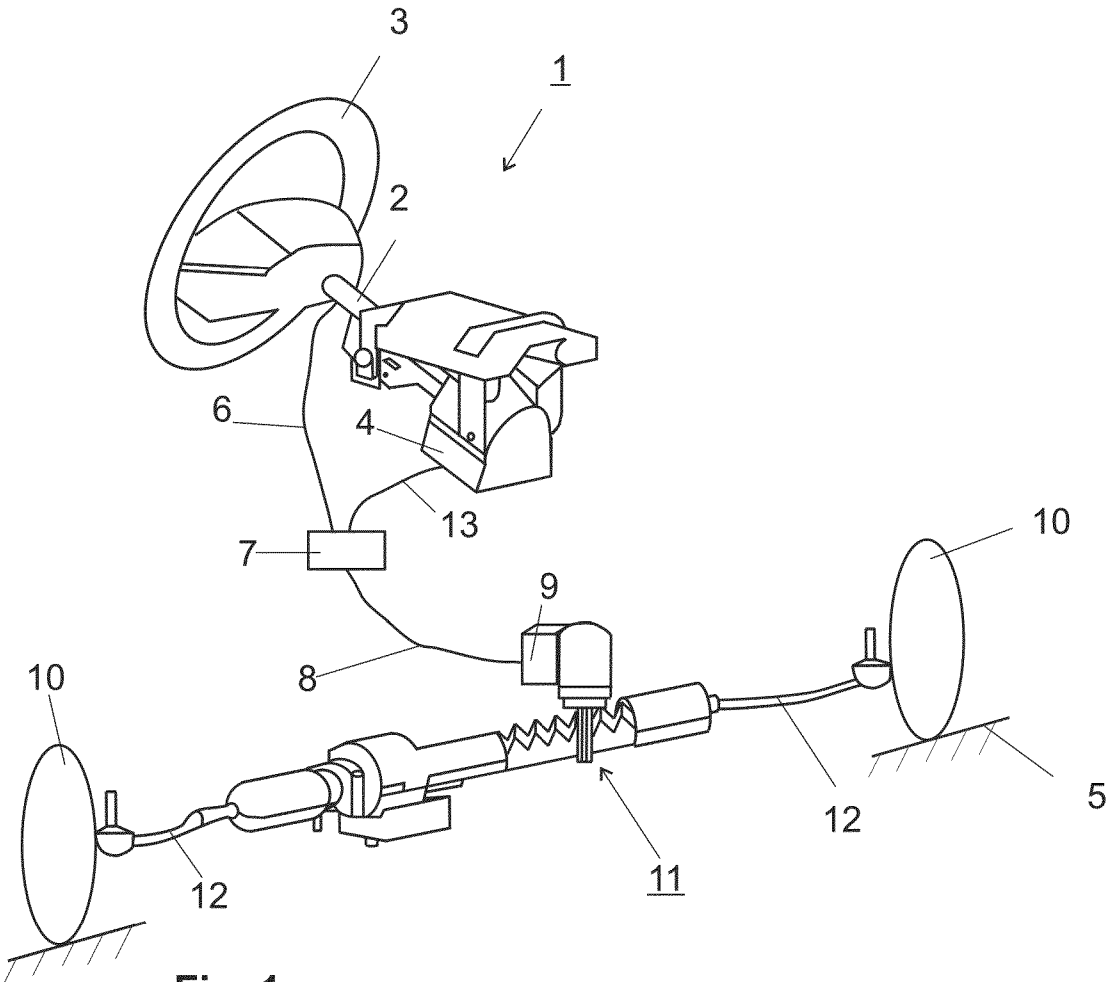
1. Steer-by-Wire-Lenksystem für ein Kraftfahrzeug umfassend einen auf gelenkte Räder (10) wirkenden, in Abhängigkeit eines am
5 Lenkrad aufgebrauchten Lenkradwinkel (SWA) elektronisch geregelten Lenksteller (9), der mittels eines Lenkgetriebes (11) die gelenkten Räder (10) um einen Radlenkwinkel (RWA) verschwenkt, und einen Rückwirkungen der Straße auf eine mit dem Lenkrad (3) verbundene Lenkwelle (2) übertragenden Feedback-Aktuator (4),
10 wobei das Steer-by-Wire-Lenksystem wenigstens zwei Kennlinien für eine Lenkübersetzung zwischen dem Radlenkwinkel (RWA) und dem Lenkradwinkel (SWA) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Kennlinien eine Kennlinie für niedrige Geschwindig-
15 keiten (16) und eine Kennlinie für hohe Geschwindigkeiten (17) aufweisen, wobei die Kennlinie für niedrige Geschwindigkeiten (16) linear und die Kennlinie für hohe Geschwindigkeiten (17) nichtlinear ist.
2. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-
20 zeichnet**, dass die nichtlineare Kennlinie für hohe Geschwindigkeiten (17) bei kleinen Lenkradwinkeln (SWA) langsam ansteigt und bei großen Lenkradwinkeln (SWA) stärker ansteigt, wobei die Steigung bei großen Lenkradwinkeln (SWA) größer ist als bei der linearen Kennlinie für niedrige Geschwindigkeiten (16).
3. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch
25 gekennzeichnet**, dass die nichtlineare Kennlinie für hohe Geschwindigkeiten (17) bei einem Maximalwert des Radlenkwinkels (18) einen maximalen Wert des Lenkradwinkels (14) einnimmt.
4. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 3, **dadurch
30 gekennzeichnet**, dass der maximale Wert des Lenkradwinkels (14) durch einen Endanschlag an der Lenkwelle (2) vorgegeben ist.
5. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 4, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass der Feedback-Aktuator (4) den Endanschlag an der Lenkwelle (2) bereitstellt.

- 5 6. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Kennlinien eine weitere Kennlinie umfassen, die eine Lenkübersetzung für das Zurücklenken von einer Lenkradposition aus, die sich hinter dem Endanschlag (14) befindet, bereitstellt.
- 10 7. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Kennlinie linear ist und eine konstante Steigung aufweist.
8. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Kennlinie nichtlinear ist und stetig ist.
- 15 9. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steigung der weiteren Kennlinie für große Lenkradwinkel geringer ist als für kleine Lenkradwinkel.
- 20 10. Steer-by-Wire-Lenksystem nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Kennlinie für große Lenkradwinkel abflacht und sich dem Maximalwert des Radlenkwinkels (18) langsam annähert.
- 25 11. Steer-by-Wire-Lenksystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Kennlinie für kleine Lenkradwinkel linear ist.
12. Steer-by-Wire-Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Kennlinien durch den Ursprung des Koordinatensystems verlaufen.
13. Steer-by-Wire-Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Steer-by-Wire-Lenksystem eine Steuereinheit (7) umfasst, in der die wenigstens zwei Kennlinien (16,17) zur Ansteuerung des Lenkstellers (9)

hinterlegt sind.

14. Feedback-Aktuator (4) für ein Steer-by-Wire-Lenksystem eines Kraftfahrzeuges nach einem der vorhergehenden Ansprüche.



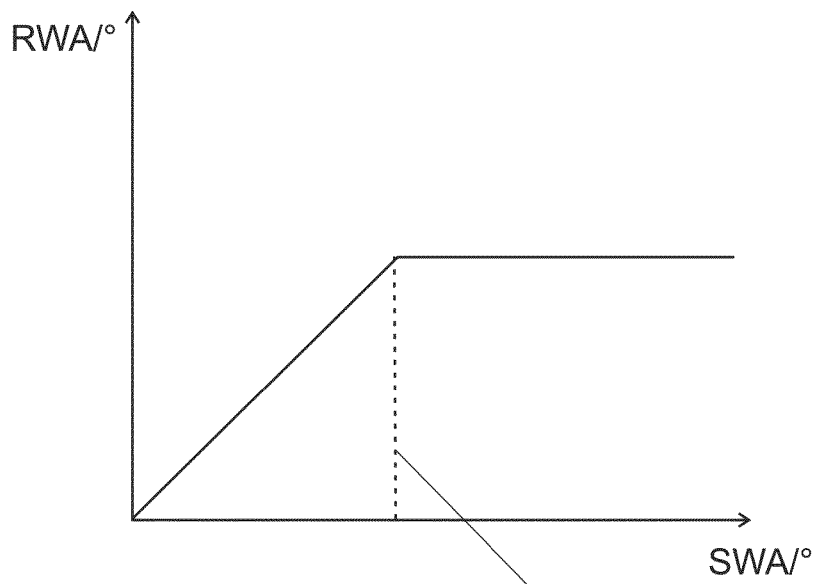


Fig. 2

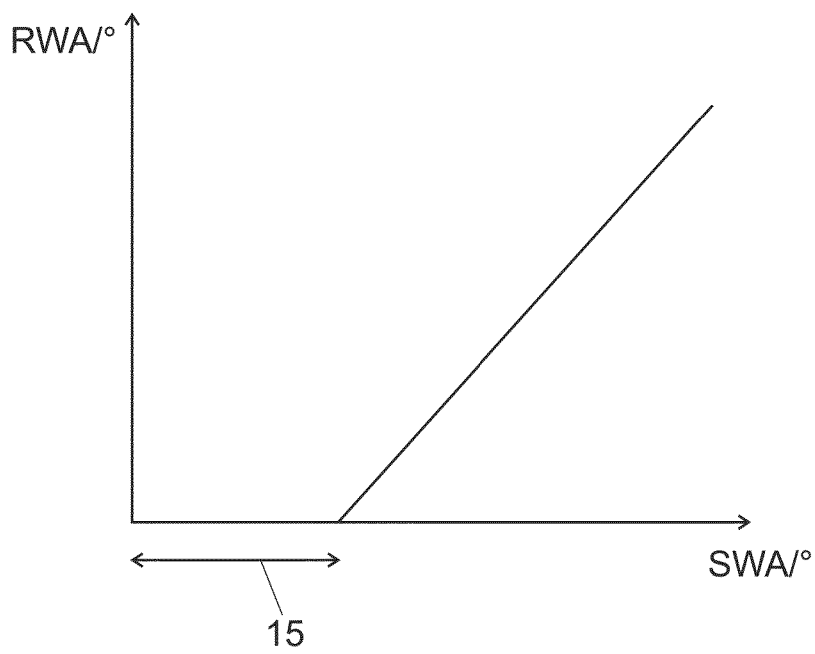


Fig. 3

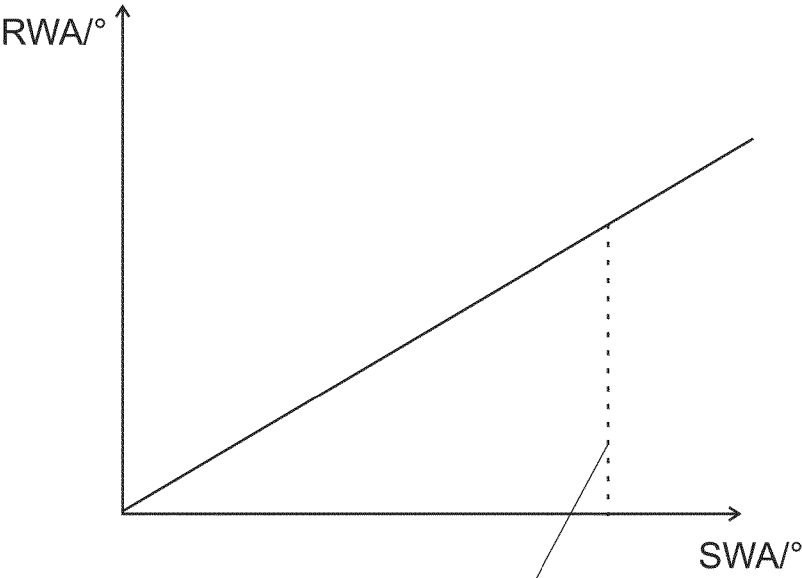


Fig. 4

14

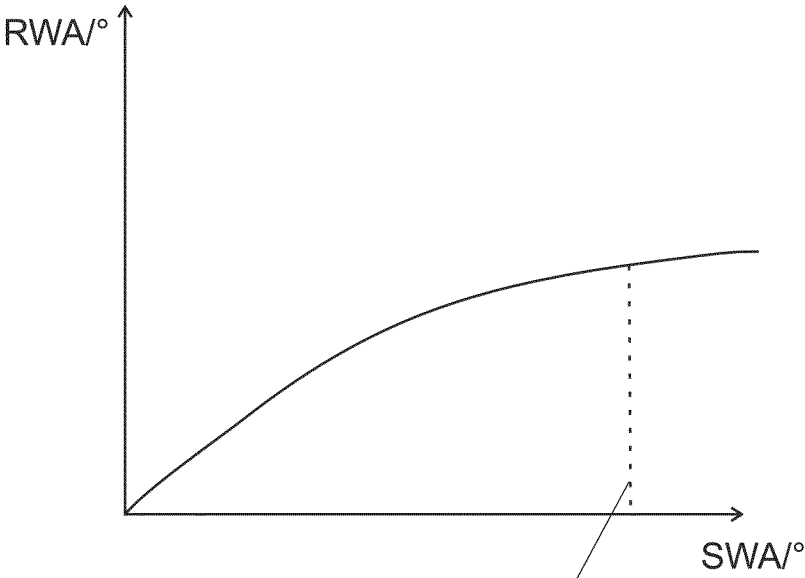


Fig. 5

14

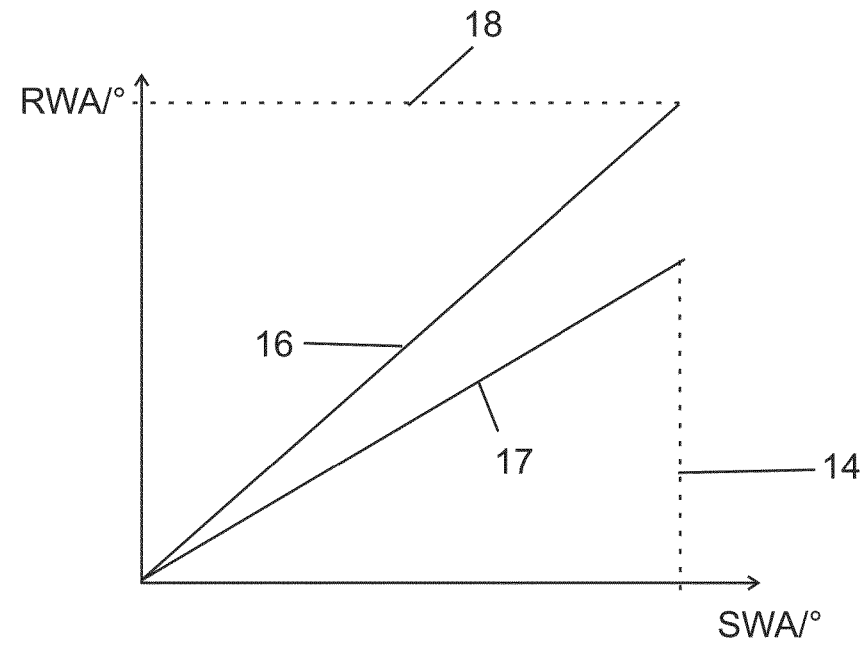


Fig. 6

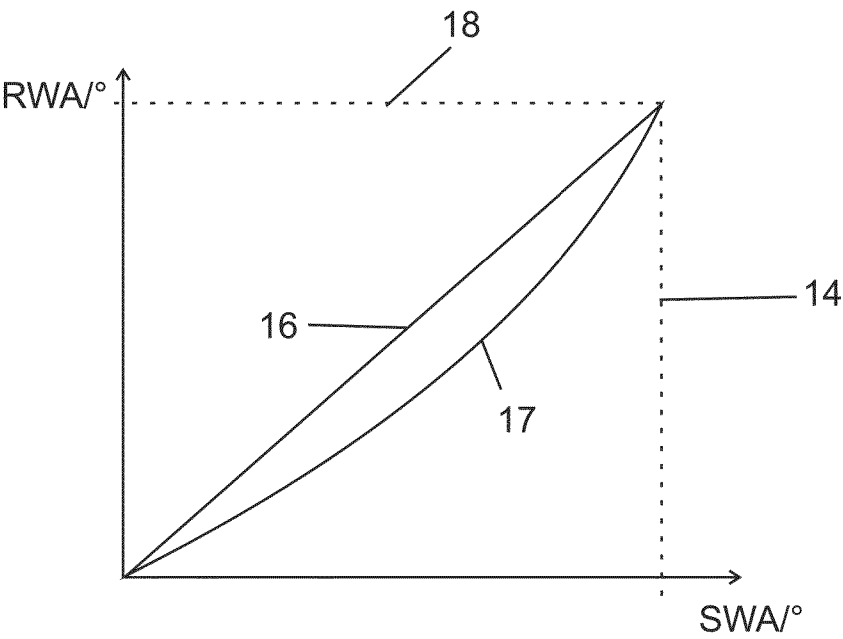


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/066622

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B62D 5/04**(2006.01)i

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)

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2007031817 A1 (RENAULT TRUCKS [FR]; DECHAMP FRANCOIS [FR]) 22 March 2007 (2007-03-22) page 2, paragraph 2; figure 2 page 7, paragraph 4 - paragraph 5	1-14
X	US 6173221 B1 (BOEHRINGEN MICHAEL [DE] ET AL) 09 January 2001 (2001-01-09) abstract; figure 1	1,2,13,14
X	US 5884724 A (BOHNER HUBERT [DE] ET AL) 23 March 1999 (1999-03-23) abstract; figure 2	1,2,13,14
X	DE 102004038008 A1 (FENDT GUENTER [DE]) 16 March 2006 (2006-03-16) paragraph [0052] - paragraph [0055]; figure 6	1,2,13,14
X	DE 102004037947 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 16 March 2006 (2006-03-16) abstract	1,2,13,14
X	DE 3541009 A1 (MAZDA MOTOR [JP]) 28 May 1986 (1986-05-28) claim 1	1,2,13,14

☒ 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

14 October 2019

Date of mailing of the international search report

23 October 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Pemberton, Paul

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/066622**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7882925 B2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 08 February 2011 (2011-02-08) abstract; figure 3	1,2,13,14
X	DE 19920718 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 31 May 2000 (2000-05-31) figure 4	1,2,13,14
X	EP 1481875 A2 (AUDI AG [DE]) 01 December 2004 (2004-12-01) abstract; figure 3	1,2,13,14
X	DE 102009044998 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]) 31 March 2011 (2011-03-31) paragraph [0003]	1,2,13,14
X	EP 1371541 A1 (RENAULT SA [FR]) 17 December 2003 (2003-12-17) abstract	1,2,13,14
X A	US 2010250068 A1 (YAMAZAKI IPPEI [JP]) 30 September 2010 (2010-09-30) paragraph [0011]	14 1
A	DE 102011085382 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 02 May 2013 (2013-05-02) abstract	6-11
A	US 5181173 A (AVITAN ISAAC [US]) 19 January 1993 (1993-01-19) abstract	6-11
A	EP 1857348 A2 (AUDI AG [DE]) 21 November 2007 (2007-11-21) abstract	1
A	EP 1157915 A2 (TRW AUTOMOTIVE SAFETY SYS GMBH [DE]) 28 November 2001 (2001-11-28) claims 4,5	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/066622

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2007031817	A1	22 March 2007	NONE			
US	6173221	B1	09 January 2001	DE	19645646	C1	12 February 1998
				FR	2755418	A1	07 May 1998
				GB	2319007	A	13 May 1998
				IT	1295843	B1	28 May 1999
				JP	H10138940	A	26 May 1998
				US	6173221	B1	09 January 2001
US	5884724	A	23 March 1999	DE	19546943	C1	19 June 1997
				GB	2308106	A	18 June 1997
				IT	RM960819	A1	29 May 1998
				US	5884724	A	23 March 1999
DE	102004038008	A1	16 March 2006	NONE			
DE	102004037947	A1	16 March 2006	NONE			
DE	3541009	A1	28 May 1986	DE	3541009	A1	28 May 1986
				US	4658927	A	21 April 1987
US	7882925	B2	08 February 2011	JP	2008195188	A	28 August 2008
				US	2008190687	A1	14 August 2008
DE	19920718	A1	31 May 2000	DE	19920718	A1	31 May 2000
				JP	H11334627	A	07 December 1999
				US	6302441	B1	16 October 2001
EP	1481875	A2	01 December 2004	DE	10323975	A1	05 January 2005
				EP	1481875	A2	01 December 2004
DE	102009044998	A1	31 March 2011	NONE			
EP	1371541	A1	17 December 2003	DE	60308756	T2	16 August 2007
				EP	1371541	A1	17 December 2003
				FR	2840870	A1	19 December 2003
US	2010250068	A1	30 September 2010	CN	102105340	A	22 June 2011
				DE	112009004544	T5	30 August 2012
				JP	5126357	B2	23 January 2013
				JP	WO2010109676	A1	27 September 2012
				US	2010250068	A1	30 September 2010
				WO	2010109676	A1	30 September 2010
DE	102011085382	A1	02 May 2013	NONE			
US	5181173	A	19 January 1993	CA	2082607	A1	11 May 1994
				EP	0596167	A1	11 May 1994
				US	5181173	A	19 January 1993
EP	1857348	A2	21 November 2007	DE	102006023562	A1	22 November 2007
				EP	1857348	A2	21 November 2007
EP	1157915	A2	28 November 2001	DE	10026132	A1	21 February 2002
				EP	1157915	A2	28 November 2001
				ES	2265374	T3	16 February 2007
				US	2002027039	A1	07 March 2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B62D5/04
 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	WO 2007/031817 A1 (RENAULT TRUCKS [FR]; DECHAMP FRANCOIS [FR]) 22. März 2007 (2007-03-22) Seite 2, Absatz 2; Abbildung 2 Seite 7, Absatz 4 - Absatz 5 -----	1-14
X	US 6 173 221 B1 (BOEHRINGEN MICHAEL [DE] ET AL) 9. Januar 2001 (2001-01-09) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1,2,13, 14
X	US 5 884 724 A (BOHNER HUBERT [DE] ET AL) 23. März 1999 (1999-03-23) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1,2,13, 14
X	DE 10 2004 038008 A1 (FENDT GUENTER [DE]) 16. März 2006 (2006-03-16) Absatz [0052] - Absatz [0055]; Abbildung 6 ----- -/-	1,2,13, 14

☒ 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

14. Oktober 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/10/2019

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.
X	DE 10 2004 037947 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 16. März 2006 (2006-03-16) Zusammenfassung -----	1,2,13, 14
X	DE 35 41 009 A1 (MAZDA MOTOR [JP]) 28. Mai 1986 (1986-05-28) Anspruch 1 -----	1,2,13, 14
X	US 7 882 925 B2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 8. Februar 2011 (2011-02-08) Zusammenfassung; Abbildung 3 -----	1,2,13, 14
X	DE 199 20 718 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 31. Mai 2000 (2000-05-31) Abbildung 4 -----	1,2,13, 14
X	EP 1 481 875 A2 (AUDI AG [DE]) 1. Dezember 2004 (2004-12-01) Zusammenfassung; Abbildung 3 -----	1,2,13, 14
X	DE 10 2009 044998 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH [DE]) 31. März 2011 (2011-03-31) Absatz [0003] -----	1,2,13, 14
X	EP 1 371 541 A1 (RENAULT SA [FR]) 17. Dezember 2003 (2003-12-17) Zusammenfassung -----	1,2,13, 14
X	US 2010/250068 A1 (YAMAZAKI IPPEI [JP]) 30. September 2010 (2010-09-30) Absatz [0011] -----	14 1
A	DE 10 2011 085382 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 2. Mai 2013 (2013-05-02) Zusammenfassung -----	6-11
A	US 5 181 173 A (AVITAN ISAAC [US]) 19. Januar 1993 (1993-01-19) Zusammenfassung -----	6-11
A	EP 1 857 348 A2 (AUDI AG [DE]) 21. November 2007 (2007-11-21) Zusammenfassung -----	1
A	EP 1 157 915 A2 (TRW AUTOMOTIVE SAFETY SYS GMBH [DE]) 28. November 2001 (2001-11-28) Ansprüche 4,5 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/066622

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007031817 A1	22-03-2007	KEINE	
US 6173221 B1	09-01-2001	DE 19645646 C1 FR 2755418 A1 GB 2319007 A IT 1295843 B1 JP H10138940 A US 6173221 B1	12-02-1998 07-05-1998 13-05-1998 28-05-1999 26-05-1998 09-01-2001
US 5884724 A	23-03-1999	DE 19546943 C1 GB 2308106 A IT RM960819 A1 US 5884724 A	19-06-1997 18-06-1997 29-05-1998 23-03-1999
DE 102004038008 A1	16-03-2006	KEINE	
DE 102004037947 A1	16-03-2006	KEINE	
DE 3541009 A1	28-05-1986	DE 3541009 A1 US 4658927 A	28-05-1986 21-04-1987
US 7882925 B2	08-02-2011	JP 2008195188 A US 2008190687 A1	28-08-2008 14-08-2008
DE 19920718 A1	31-05-2000	DE 19920718 A1 JP H11334627 A US 6302441 B1	31-05-2000 07-12-1999 16-10-2001
EP 1481875 A2	01-12-2004	DE 10323975 A1 EP 1481875 A2	05-01-2005 01-12-2004
DE 102009044998 A1	31-03-2011	KEINE	
EP 1371541 A1	17-12-2003	DE 60308756 T2 EP 1371541 A1 FR 2840870 A1	16-08-2007 17-12-2003 19-12-2003
US 2010250068 A1	30-09-2010	CN 102105340 A DE 112009004544 T5 JP 5126357 B2 JP WO2010109676 A1 US 2010250068 A1 WO 2010109676 A1	22-06-2011 30-08-2012 23-01-2013 27-09-2012 30-09-2010 30-09-2010
DE 102011085382 A1	02-05-2013	KEINE	
US 5181173 A	19-01-1993	CA 2082607 A1 EP 0596167 A1 US 5181173 A	11-05-1994 11-05-1994 19-01-1993
EP 1857348 A2	21-11-2007	DE 102006023562 A1 EP 1857348 A2	22-11-2007 21-11-2007
EP 1157915 A2	28-11-2001	DE 10026132 A1 EP 1157915 A2 ES 2265374 T3 US 2002027039 A1	21-02-2002 28-11-2001 16-02-2007 07-03-2002