

(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
19. Mai 2022 (19.05.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/101372 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G05D 1/02 (2020.01) G08G 1/16 (2006.01)
G08G 7/00 (2006.01) G06K 9/00 (2022.01)
G08G 1/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/081451

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. November 2021 (12.11.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 130 069.7
13. November 2020 (13.11.2020) DE

(71) Anmelder: AUDI AG [DE/DE]; Auto-Union-Str. 1, 85045
Ingolstadt (DE).

(72) Erfinder: REIMKER, Christian; Lechstraße 17, 38120
Braunschweig (DE). REINL, Christian; Talweg 16, 85131
Pollenfeld (DE). REHR, Anna; Mainburger Str. 11, 85356
Freising (DE). GROSSJOHANN, Simon; Hühnerwin-
kel 46, 38442 Wolfsburg (DE). GÜNTHER, Toni; Lud-
wig-Beck-Str. 33, 38116 Braunschweig (DE). PETELKA,
Rajko; Elmstieg 20, 38162 Hemkenrode (DE).

(74) Anwalt: HOFSTETTER, SCHURACK & PART-
NER PATENT- UND RECHTSANWALTSKANZLEI,
PARTG MBB; Balanstr. 57, 81541 München (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, DE, DJ, DK, DM,

(54) Title: CONTROL OF A MOTOR VEHICLE IN THE EVENT OF PARTIAL FIELD-OF-VIEW CONCEALMENT

(54) Bezeichnung: STEUERUNG EINES KRAFTFAHRZEUGS BEI TEILWEISER SICHTFELDVERDECKUNG

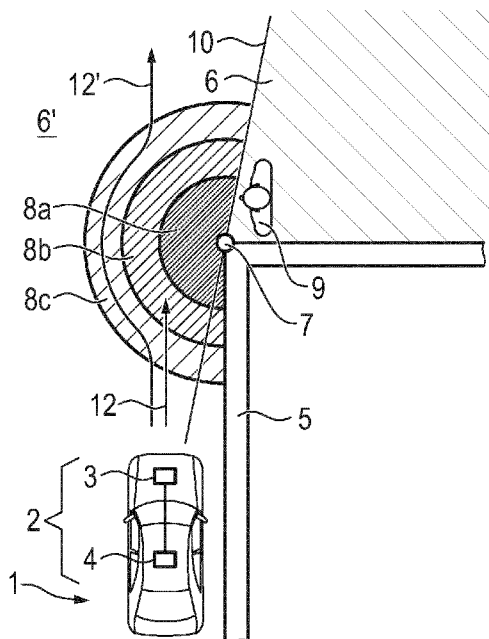


Fig. 1

(57) Abstract: A method for automatically controlling a motor vehicle (1) involves environment data being generated and said data being taken as a basis for determining a concealed region of a field of view. A reference point (7) on a boundary (10) between the concealed region (6) and an unconcealed region (6') of the field of view is determined, and at least two risk zones (8a, 8b, 8c), each having the reference point (7) as the centre, are determined. Each of the at least two risk zones (8a, 8b, 8c) is assigned a risk characteristic, and the motor vehicle (1) is controlled on the basis of the risk characteristics.

(57) Zusammenfassung: Gemäß einem Verfahren zur automatischen Steuerung eines Kraftfahrzeugs (1) werden Umfelddaten erzeugt und basierend darauf ein verdeckter Bereich eines Sichtfelds bestimmt. Ein Referenzpunkt (7) auf einer Grenze (10) zwischen dem



DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)

verdeckten Bereich (6) und einem unverdeckten Bereich (6') des Sichtfelds wird bestimmt, und wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) mit jeweils dem Referenzpunkt (7) als Zentrum werden bestimmt. Jeder der wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) wird ein Risikokennwert zugeordnet, und das Kraftfahrzeug (1) wird abhängig von den Risikokennwerten gesteuert.

Beschreibung

Steuerung eines Kraftfahrzeugs bei teilweiser Sichtfeldverdeckung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur wenigstens teilweise automatischen Steuerung eines Kraftfahrzeugs, wobei mittels eines Umfeldsensorsystems des Kraftfahrzeugs Umfelddaten erzeugt werden, die eine Umgebung des Kraftfahrzeugs darstellen und mittels einer Recheneinheit basierend auf den Umfelddaten ein durch wenigstens ein verdeckendes Objekt verdeckter Bereich eines Sichtfelds des Umfeldsensorsystems bestimmt wird. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechendes elektronisches Fahrzeugführungssystem, ein Kraftfahrzeug und ein Computerprogrammprodukt.

Bei bekannten Ansätzen zur wenigstens teilweise automatischen Steuerung eines Kraftfahrzeugs können Objekte in der Fahrzeugumgebung berücksichtigt werden. Zur Umfelderkennung werden dabei verschiedene Sensortechnologien an unterschiedlichen Positionen des Fahrzeugs eingesetzt. Die verwendeten Sensoren basieren beispielsweise auf akustischen oder optischen Verfahren, bei denen sich Wellen zum Detektieren von Objekten in einem definierten Sichtfeld ausbreiten. Erscheint ein Objekt in diesem Sichtfeld, so kann es erfasst werden und entsprechend berücksichtigt werden.

Solche Objekte im Sichtfeld implizieren jedoch hinter den Objekten verdeckte Bereiche des Sichtfelds, die je nach Art des verdeckenden Objekts mehr oder weniger große Anteile des Sichtfelds einnehmen. Vor allem in Parkumgebungen können signifikante Verdeckungen auftreten. In solchen Situationen kann es dazu kommen, dass ein Mensch oder ein weiteres Fahrzeug hinter dem verdeckenden Objekt, beispielsweise einer Wand, erst spät durch das Egofahrzeug erkannt wird. Bei der wenigstens teilweise automatischen Steuerung wird das Egofahrzeug dementsprechend sehr langsam gefahren. Es kommt daher zu signifikanten Verzögerungen bei der Fahrt und entsprechend zu einem reduzierten Grad an Komfort für einen Benutzer oder Fahrer des Egofahrzeugs.

Im Dokument US 2018/0118144 A1 wird ein Gerät zur Verdeckungssteuerung für ein Fahrzeug beschrieben. Wird ein ausreichend großer blinder Bereich identifiziert, so wird das Fahrzeug von einer normalen Geschwindigkeit zum Stillstand abgebremst. Alternativ kann die Routenplanung angepasst werden, um die Größe des blinden Bereichs zu reduzieren.

Auch hier kommt es zu sehr starken Einschränkungen in der Steuerung des Fahrzeugs, bis hin zum Stillstand und entsprechenden Einschränkungen im Komfortgrad.

Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Konzept zur wenigstens teilweise automatischen Steuerung eines Kraftfahrzeugs anzugeben, durch das auf ein teilweise verdecktes Sichtfeld eines Umfeldsensorsystems des Kraftfahrzeugs reagiert werden kann, wobei die Beeinträchtigungen des Komforts für Benutzer des Kraftfahrzeugs möglichst gering gehalten werden.

Diese Aufgabe wird vorliegend gelöst durch den jeweiligen Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Das verbesserte Konzept beruht auf der Idee, dass potentielle Risiko, das von dem verdeckten Bereich des Sichtfelds ausgeht, zu quantifizieren, indem wenigstens zwei Risikozonen mit entsprechenden Risikokennwerten bestimmt werden und das Kraftfahrzeug abhängig von den Risikokennwerten gesteuert wird.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird ein Verfahren zur wenigstens teilweise automatischen Steuerung eines Kraftfahrzeugs angegeben. Mittels eines Umfeldsensorsystems des Kraftfahrzeugs werden Umfelddaten erzeugt, die eine Umgebung des Kraftfahrzeugs darstellen oder abbilden. Mittels einer Recheneinheit, insbesondere einer Recheneinheit des Kraftfahrzeugs, wird basierend auf den Umfelddaten ein durch wenigstens ein verdeckendes Objekt verdeckter Bereich eines Sichtfelds des Umfeldsensorsystems bestimmt. Mittels der Recheneinheit wird ein Referenzpunkt auf einer Grenze zwischen dem verdeckten Bereich und einem unverdeckten Bereich des Sichtfelds bestimmt und es werden wenigstens zwei Risikozonen, insbesondere konzentrische Risikozonen, mit jeweils dem Referenzpunkt als Zentrum der wenigstens zwei Risikozonen bestimmt. Jeder der wenigstens zwei Risikozonen wird dabei ein Risikokennwert zugeordnet, insbesondere mittels der Recheneinheit. Das Kraftfahrzeug wird, insbesondere mittels eines elektronischen Fahrzeugführungssystems des Kraftfahrzeugs, welches beispielsweise die Recheneinheit beinhaltet, abhängig von den Risikokennwerten, die den wenigstens zwei Risikozonen zugeordnet wurden, wenigstens teilweise automatisch gesteuert.

Ein Umfeldsensorsystem kann hier und im Folgenden als Sensorsystem verstanden werden, das dazu in der Lage ist, Sensordaten oder Sensorsignale zu erzeugen, welche die Umgebung des Umfeldsensorsystems beziehungsweise des Kraftfahrzeugs abbilden,

darstellen oder wiedergeben. Beispielsweise können Kamerasysteme, Radarsysteme, Lidarsysteme oder Ultraschallsensorsysteme als Umfeldsensorsysteme aufgefasst werden.

Der verdeckte Bereich des Sichtfelds zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass er für das Umfeldsensorsystem nicht erkennbar ist, dass also insbesondere Objekte, die sich innerhalb des verdeckten Bereichs befinden können, durch das Umfeldsensorsystem nicht erfasst werden können.

Das Bestimmen des verdeckten Bereichs beinhaltet insbesondere das Erfassen oder Identifizieren des wenigstens einen verdeckenden Objekts und dessen Position beziehungsweise Ausdehnung. Das wenigstens eine verdeckende Objekt kann beispielsweise ein Gebäude, eine Mauer, ein Haus, eine Trennwand oder ein weiteres Kraftfahrzeug beinhalten. Teilbereiche des Sichtfelds, die sich von dem Sensorsystem aus betrachtet, hinter dem wenigstens einen verdeckenden Objekt befinden, können durch das Umfeldsensorsystem nicht erfasst werden und sind daher Teil des verdeckten Bereichs. Dabei kann die Recheneinheit beispielsweise geometrische Modelle, beispielsweise Strahlenmodelle, anwenden, um den verdeckten Bereich zu bestimmen beziehungsweise zu parametrisieren oder zu definieren.

Der Referenzpunkt entspricht insbesondere einem Punkt auf der Grenze, an dem ein möglicherweise verdecktes Objekt aus dem verdeckten Bereich heraus in den unverdeckten Bereich übertreten kann. Eine potentielle Kollision zwischen dem Kraftfahrzeug und dem verdeckten Objekt könnte sich dementsprechend in der Nähe des Referenzpunkts ereignen.

Die wenigstens zwei Risikozonen können sich berühren, überlappen einander jedoch nicht. Die wenigstens zwei Risikozonen können beispielsweise konzentrischen Kreisen beziehungsweise Kreisringen entsprechen, wobei eine erste Risikozone der wenigstens zwei Risikozonen einem Kreis mit dem Referenzpunkt als Kreismittelpunkt entspricht und eine zweite Risikozone der wenigstens zwei Risikozonen einem Kreisring, der sich außen an die erste Risikozone anschließt. Weitere Risikozonen können dann ebenfalls als sich an die zweite und so weiter anschließende Kreisringe ausgestaltet sein. Die Mittelpunkte der Kreisringe sowie des Kreises entsprechen dabei jeweils dem Referenzpunkt.

Analog kann die erste Risikozone als Ellipse mit dem Referenzpunkt als Mittelpunkt ausgestaltet sein und die zweite beziehungsweise die weiteren Risikozonen können als entsprechende ellipsenförmige Ringe mit dem Referenzpunkt als Mittelpunkt ausgestaltet sein. In weiteren Ausführungsformen ist die erste Risikozone als Polygon, insbesondere als

regelmäßiges Polygon oder als Rechteck, beispielsweise als Quadrat oder als regelmäßiges Sechseck, ausgestaltet und die zweite beziehungsweise die weiteren Risikozonen sind als entsprechende polygonale Ringe ausgestaltet.

Die verschiedenen Risikozonen der wenigstens zwei Risikozonen unterscheiden sich voneinander also insbesondere durch einen jeweiligen minimalen Abstand von dem Referenzpunkt. Während die erste Risikozone den Referenzpunkt beinhaltet, hat die zweite Risikozone einen endlichen minimalen Abstand von dem Referenzpunkt und weitere Risikozonen haben gegebenenfalls jeweils größere minimale Abstände von dem Referenzpunkt.

Die Risikokennwerte der wenigstens zwei Risikozonen können beispielsweise ein Maß dafür darstellen, wie hoch eine Wahrscheinlichkeit oder ein Risiko für die Kollision des Kraftfahrzeugs mit einem verdeckten Objekt in dem verdeckten Bereich in der entsprechenden Risikozone ist. Je weiter das Kraftfahrzeug von der Grenze zwischen dem verdeckten Bereich und dem unverdeckten Bereich entfernt ist, desto geringer ist das Risiko, dass es zu einer Kollision mit dem verdeckten Objekt kommt, da dem Fahrer des Kraftfahrzeugs beziehungsweise dem elektronischen Fahrzeugführungssystem eine entsprechend längere Zeitdauer zur Verfügung steht, um das Kraftfahrzeug im Notfall zum Stillstand abzubremesen oder auszuweichen. Die Risikokennwerte der wenigstens zwei Risikozonen sind dabei voneinander verschieden, insbesondere sind alle Risikokennwerte der verschiedenen Risikozonen der wenigstens zwei Risikozonen voneinander verschieden.

Durch die Berücksichtigung der Risikokennwerte der wenigstens zwei Risikozonen bei dem automatischen oder teilweise automatischen Steuern des Kraftfahrzeugs wird es möglich, eine abgestufte Steuerung oder Fahrtplanung für das Kraftfahrzeug durchzuführen, so dass der Eingriff in die Steuerung beziehungsweise der Einfluss des verdeckten Bereichs auf die Steuerung des Kraftfahrzeugs abhängig von den Risikokennwerten mehr oder weniger groß sein kann. Dadurch kommt es nicht zu einer übermäßig starken Beeinflussung der Fahrtplanung beziehungsweise des tatsächlichen Verhaltens des Kraftfahrzeugs bei Vorliegen des verdeckten Bereichs.

Die Risikokennwerte können beispielsweise die teilweise oder vollständig automatische Auswahl von Fahrparametern, wie beispielsweise einer Kraftfahrzeuggeschwindigkeit oder einer maximalen Kraftfahrzeuggeschwindigkeit, beeinflussen. Wird das Kraftfahrzeug beispielsweise durch eine oder mehrere der Risikozonen hindurchbewegt, so kann die geplante Kraftfahrzeuggeschwindigkeit oder eine maximale Kraftfahrzeuggeschwindigkeit je

nach Risikokennzahl unterschiedlich stark eingeschränkt werden, insbesondere derart, dass die Einschränkung umso stärker ist, je höher das entsprechende Risiko für die potentielle Kollision ist. Alternativ oder zusätzlich können Trajektorien für die Fahrtplanung des Kraftfahrzeugs umso unwahrscheinlicher werden, je länger der Abschnitt der entsprechenden potentiellen Trajektorie durch die wenigstens zwei Risikozonen ist beziehungsweise wie die entsprechenden Risikokennwerte sind.

Unter einem elektronischen Fahrzeugführungssystem kann hier und im Folgenden ein elektronisches System verstanden werden, das dazu eingerichtet ist, das Kraftfahrzeug vollautomatisch oder vollautonom zu führen oder zu steuern, insbesondere ohne dass ein Eingriff in eine Steuerung durch einen Fahrer erforderlich ist. Das Kraftfahrzeug beziehungsweise das elektronische Fahrzeugführungssystem führt dabei alle erforderlichen Funktionen, wie beispielsweise erforderliche Lenk-, Brems- und/oder Beschleunigungsmanöver, die Beobachtung und Erfassung des Straßenverkehrs sowie die damit verbundenen erforderlichen Reaktionen selbsttätig und vollautomatisch durch. Insbesondere kann das elektronische Fahrzeugführungssystem zur Implementierung eines vollautomatischen oder vollautonomen Fahrmodus des Kraftfahrzeugs nach Stufe 5 der Klassifizierung gemäß SAE J3016 dienen. Bei einem elektronischen Fahrzeugführungssystem kann auch ein Fahrerassistenzsystem verstanden werden, welches den Fahrer bei einer teilweise automatisierten oder teilweise autonomen Fahrt des Kraftfahrzeugs unterstützt. Insbesondere kann das elektronische Fahrzeugführungssystem zur Implementierung eines teilweise automatisierten oder teilautonomen Fahrmodus des Kraftfahrzeugs nach einer der Stufen 1 bis 4 gemäß der SAE J3016 Klassifizierung dienen. Hier und im Folgenden bezieht sich SAE J3016 auf die entsprechende Norm in der Version vom Juni 2018.

Das wenigstens teilweise automatische Steuern des Kraftfahrzeugs kann es daher beinhalten, das Kraftfahrzeug gemäß eines vollautomatischen oder vollautonomen Fahrmodus der Stufe 5 nach SAE J3016 zu führen. Das wenigstens teilweise automatische Steuern des Kraftfahrzeugs kann auch beinhalten, das Kraftfahrzeug gemäß eines teilweise automatisierten oder teilautonomen Fahrmodus nach einer der Stufen 1 bis 4 nach SAE J3016 zu führen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens nach dem verbesserten Konzept wird jeder der wenigstens zwei Risikozonen mittels der Recheneinheit der jeweilige Risikokennwert abhängig von einem jeweiligen Minimalabstand der jeweiligen Risikozone von dem Referenzpunkt zugeordnet.

Beispielsweise kann der Risikokennwert einer Ganzzahl größer oder gleich 1 entsprechen, wobei der Risikokennwert der ersten Risikozone, welche den Referenzpunkt beinhaltet, gleich 1 ist, der Risikokennwert für die zweite Risikozone gleich 2 ist und so weiter. Insbesondere kann der Risikokennwert umso größer sein, je weiter die entsprechende Risikozone mindestens von dem Referenzpunkt entfernt ist. Es sind selbstverständlich auch andere Konventionen zur Definition der Risikokennwerte möglich und sämtliche folgende Ausführungen lassen sich analog auf solche Konventionen übertragen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird mittels der Recheneinheit eine aktuelle Risikozone der wenigstens zwei Risikozonen bestimmt, wobei eine Position des Kraftfahrzeugs innerhalb der aktuellen Risikozone liegt. Das Kraftfahrzeug wird abhängig von dem der aktuellen Risikozone zugeordneten Risikokennwert wenigstens teilweise automatisch gesteuert.

Die Position des Kraftfahrzeugs kann beispielsweise gegeben sein durch eine Koordinate eines Punktes, der auf oder in dem Kraftfahrzeug liegt oder der sich in einer definierten Umgebung des Kraftfahrzeugs befindet.

Zum Steuern des Kraftfahrzeugs abhängig von dem der aktuellen Risikozone zugeordneten Risikokennwert kann beispielsweise eine maximale Fahrzeuggeschwindigkeit für das Kraftfahrzeug abhängig von dem entsprechenden Risikokennwert festgelegt oder definiert werden oder, insbesondere wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit automatisch durch das Fahrzeugführungssystem gesteuert wird, kann die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs abhängig von dem Risikokennwert festgelegt werden. Je höher insbesondere das Risiko für eine potentielle Kollision ist, also je niedriger beispielsweise der Risikokennwert ist, desto geringer kann die eingestellte Maximalgeschwindigkeit beziehungsweise Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs sein.

Dadurch wird die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs oder dessen Maximalgeschwindigkeit in abgestufter Weise begrenzt oder reduziert, um so das Risiko einer potentiellen Kollision zu verringern, jedoch gleichzeitig die Geschwindigkeit nicht unnötigerweise stark abzusenken.

Abhängig von der Änderung der Position des Kraftfahrzeugs, also von der Bewegung des Kraftfahrzeugs durch die wenigstens zwei Risikozonen hindurch, befindet sich die Position des Kraftfahrzeugs nacheinander beispielsweise in unterschiedlichen der wenigstens zwei Risikozonen. Entsprechend kann die Steuerung während des Durchlaufens der

verschiedenen Risikozonen durch das Kraftfahrzeug einmalig oder mehrfach angepasst werden, beispielsweise durch Veränderung der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs oder der Maximalgeschwindigkeit, je nach entsprechender aktueller Risikozone und dem zugehörigen Risikokennwert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird das Kraftfahrzeug, insbesondere mittels des elektronischen Fahrzeugführungssystems, gemäß einer von dem Risikokennwert der aktuellen Risikozone abhängigen Fahrzeuggeschwindigkeit oder Fahrzeugmaximalgeschwindigkeit wenigstens teilweise automatisch gesteuert.

Mit anderen Worten wird das Kraftfahrzeug derart gesteuert, dass es wenigstens näherungsweise die entsprechende Fahrzeuggeschwindigkeit hat oder die Fahrzeuggeschwindigkeit als Sollgeschwindigkeit festgelegt wird oder die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs wird auf die Fahrzeugmaximalgeschwindigkeit begrenzt.

Die Fahrzeuggeschwindigkeit oder Fahrzeugmaximalgeschwindigkeit kann dabei insbesondere durch die jeweilige minimale Entfernung der jeweiligen Risikozone von dem Referenzpunkt festgelegt sein, so dass, insbesondere unter Berücksichtigung von Bremsweg, Reaktionsgeschwindigkeit oder Latenzzeit, erforderlichenfalls ein rechtzeitiges Abbremsen zum Stillstand oder Ausweichen ermöglicht wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird mittels der Recheneinheit eine Trajektorie für das Kraftfahrzeug abhängig von den wenigstens zwei Risikozonen, und insbesondere abhängig von den entsprechenden Risikokennwerten, geplant.

Eine solche Trajektorienplanung ist insbesondere für vollautonom oder vollautomatisch geführte Kraftfahrzeuge von Vorteil. Dadurch können die wenigstens zwei Risikozonen vollständig oder teilweise umfahren werden. Dadurch kann die Geschwindigkeitsbeschränkung, wie oben beschrieben, abhängig von den Risikokennwerten weniger starken Einfluss auf die Steuerung des Kraftfahrzeugs nehmen, indem die geplante Trajektorie weniger lang durch die wenigstens zwei Risikozonen führt oder die entsprechenden Risikokennwerte der passierten Risikozonen höher sind, also einem geringen Kollisionsrisiko entsprechen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird mittels der Recheneinheit eine Kostenfunktion durch Variation potentieller Trajektorien für das Kraftfahrzeug optimiert, um die Trajektorie zu planen. Die Kostenfunktion hängt von den Risikokennwerten derjenigen

der wenigstens zwei Risikozonen ab, durch welche die jeweilige potentielle Trajektorie verläuft.

Beispielsweise kann diejenige potentielle Trajektorie, die zu einer optimierten Kostenfunktion führt, als die geplante Trajektorie ausgewählt werden. Indem die Kostenfunktion von den Risikokennwerten abhängt, können Trajektorien, die durch die wenigstens zwei Risikozonen verlaufen, höhere Kosten zugewiesen werden als anderen Trajektorien. Je geringer der jeweilige Risikokennwert, also entsprechend je höher das Risiko für eine Kollision, desto höhere Kosten können der jeweiligen Risikozone zugewiesen werden. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit, dass die Kostenfunktion durch eine solche Trajektorie optimiert wird, reduziert. Der Verlauf durch eine oder mehrere der wenigstens zwei Risikozonen muss jedoch nicht der einzige Einflussfaktor auf die Kostenfunktion sein. Beispielsweise können eine Länge der Trajektorie oder sonstige Eigenschaften der Trajektorie ebenso einfließen, so dass bei einer entsprechenden Gewichtung der einzelnen Beiträge zu der Kostenfunktion eine hohe Sicherheit bei möglichst geringem Einfluss auf die Steuerung beziehungsweise den Grad an Komfort durch den verdeckten Bereich realisierbar ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden die wenigstens zwei Risikozonen, insbesondere Positionen und/oder Orientierungen und/oder Ausdehnungen und/oder Formen der wenigstens zwei Risikozonen, mittels der Recheneinheit abhängig von einer Veränderung der Position des Kraftfahrzeugs kontinuierlich oder periodisch angepasst.

Mit anderen Worten verändern sich die Risikozonen im Verlauf der Bewegung des Kraftfahrzeugs, so dass stets eine optimale Berücksichtigung der aktuellen Situation gegeben ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird der Referenzpunkt als derjenige Punkt auf der Grenze bestimmt, der unmittelbar an den verdeckten Bereich angrenzt und dabei einen minimalen Abstand zu der Position des Kraftfahrzeugs aufweist.

Dadurch wird ein besonders hohes Maß an Sicherheit erreicht, da das Kraftfahrzeug potentiell früher eine der wenigstens zwei Risikozonen erreicht und entsprechend automatisch oder teilweise automatisch gesteuert werden kann.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird mittels der Recheneinheit der Punkt auf der Grenze, der unmittelbar an den verdeckten Bereich angrenzt und dabei den minimalen Abstand zu dem Kraftfahrzeug aufweist, bestimmt und abhängig von einer vorgegebenen zu

erwartenden Minimalausdehnung eines potentiell, insbesondere durch das wenigstens eine verdeckende Objekt, verdeckten Objekts verschoben, insbesondere entlang der Grenze, um den Referenzpunkt zu bestimmen. Insbesondere entspricht der verschobene Punkt dem Referenzpunkt.

In solchen Ausführungsformen wird dem Umstand Rechnung getragen, dass in der Regel nur Objekte mit einer gewissen Mindestausdehnung oder Minimalausdehnung als relevante Objekte bezüglich einer Kollision mit dem Kraftfahrzeug in Frage kommen. Dementsprechend kann ein gewisser Teil des verdeckten Bereichs bei der Festlegung der wenigstens zwei Risikozonen vernachlässigt werden, auch wenn dieser Teil durch das Umfeld des Umfeldsensordsystems nicht erfasst werden kann, um so einen Referenzpunkt zu bestimmen, der weiter von dem Kraftfahrzeug entfernt ist. Dadurch wird die Beeinflussung der Steuerung durch die Risikozonen weiter verringert, ohne dass Risiko für eine potentielle Kollision signifikant zu erhöhen.

Die Verschiebung ermöglicht auch eine bessere Performance, da dadurch ein geringerer seitlicher Abstand des Kraftfahrzeugs zu dem verdeckten Bereich akzeptiert werden kann. Dies kann beispielsweise in Parkumgebungen oder sonstigen beengten Umgebungen von Vorteil sein, wenn ein größerer Abstand nicht eingehalten werden kann. Es kann insbesondere ein geringerer seitlicher Abstand erreicht werden, ohne dass sich das Risiko einer Kollision erhöht.

Das Verschieben des Punkts kann auch entsprechend der Bewegung des Kraftfahrzeugs angepasst oder verändert werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden mittels der Recheneinheit Karteninformationen aus deiner elektronischen Karte gelesen und eine jeweilige Größe der wenigstens zwei Risikozonen wird abhängig von den Karteninformationen bestimmt.

Beispielsweise kann die Recheneinheit basierend auf den Karteninformationen bestimmen, welche Arten von verdeckten Objekten sich potentiell oder wahrscheinlich in dem verdeckten Bereich befinden, beispielsweise ob es wahrscheinlich ist, dass sich Fußgänger in dem verdeckten Bereich befinden und/oder weitere Kraftfahrzeuge. Dies kann die Recheneinheit basierend auf den Karteninformationen beispielsweise abhängig davon bestimmen, ob sich gemäß den Karteninformationen in dem verdeckten Bereich ein Fußweg befindet, ein Fahrradweg, eine einspurige Straße, eine zweispurige Straße und so weiter.

Die elektronische Karte, die auch als digitale Karte oder hochauflösende Karte beziehungsweise HD-Karte bezeichnet werden kann, kann dabei auf einem Speicherelement des Kraftfahrzeugs beziehungsweise des elektronischen Fahrzeugführungssystems gespeichert sein oder auf einer externen Server Recheneinheit beziehungsweise einer Cloud-Recheneinheit.

Beispielsweise kann die Recheneinheit anhand der Karteninformationen bestimmen, welchen Verlauf oder welche Form das wenigstens eine verdeckende Objekt in dem verdeckten Bereich hat. Beispielsweise kann bei Gebäuden in der Regel von einem rechtwinkligen Verlauf ausgegangen werden. Abhängig von diesen Informationen kann dann der Punkt auf der Grenze mit minimalem Abstand zu dem Kraftfahrzeug verschoben werden, um den Referenzpunkt zu bestimmen.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird auch ein elektronisches Fahrzeugführungssystem für ein Kraftfahrzeug angegeben. Das elektronische Fahrzeugführungssystem weist ein Umfeldsensordaten auf, das dazu eingerichtet ist, Umfelddaten zu erzeugen, die eine Umgebung des Umfeldsensordaten beziehungsweise des Kraftfahrzeugs darstellen. Das elektronische Fahrzeugführungssystem weist eine Recheneinheit auf, die dazu eingerichtet ist, basierend auf den Umfelddaten einen durch wenigstens ein verdeckendes Objekt verdeckten Bereich eines Sichtfelds des Umfeldsensordaten zu bestimmen. Die Recheneinheit ist dazu eingerichtet, einen Referenzpunkt auf einer Grenze zwischen dem verdeckten Bereich und einem unverdeckten Bereich des Sichtfelds zu bestimmen, um wenigstens zwei Risikozonen mit jeweils dem Referenzpunkt als Zentrum zu bestimmen, wobei die Recheneinheit dazu eingerichtet ist, jeder der zwei Risikozonen einen jeweiligen Risikokennwert zuzuordnen. Das elektronische Fahrzeugführungssystem weist eine Steuereinheit auf, die dazu eingerichtet ist, abhängig von den Risikokennwerten, die den wenigstens zwei Risikozonen zugeordnet sind, eines oder mehrere Steuersignale zur wenigstens teilweise automatischen Steuerung des Kraftfahrzeugs zu erzeugen.

Die Steuereinheit kann dabei Teil der Recheneinheit sein oder umgekehrt. Die Steuereinheit und die Recheneinheit können auch separat zueinander ausgebildet sein.

Das wenigstens eine Steuersignal kann beispielsweise an einen oder mehrere Aktuatoren des Kraftfahrzeugs oder des elektronischen Fahrzeugführungssystems übermittelt werden, um das Kraftfahrzeug entsprechend wenigstens teilweise automatisch zu steuern.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des elektronischen Fahrzeugführungssystems nach dem verbesserten Konzept beinhaltet das Umfeldsensordsystem ein Kamerasystem und/oder ein Lidarsystem und/oder ein Radarsystem und/oder ein Ultraschallsensordsystem.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des elektronischen Fahrzeugführungssystems ist die Recheneinheit dazu eingerichtet, eine aktuelle Risikozone der wenigstens zwei Risikozonen zu bestimmen, wobei die Position des Kraftfahrzeugs innerhalb der aktuellen Risikozone liegt und die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, das eine oder die mehreren Steuersignale abhängig von dem der aktuellen Risikozone zugeordneten Risikokennwert zu bestimmen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Recheneinheit dazu eingerichtet, eine Trajektorie für das Kraftfahrzeug abhängig von den wenigstens zwei Risikozonen zu planen.

Weitere Ausführungsformen des elektronischen Fahrzeugführungssystems folgen direkt aus den verschiedenen Ausgestaltungsformen des Verfahrens nach dem verbesserten Konzept und umgekehrt. Insbesondere kann ein elektronisches Fahrzeugführungssystem nach dem verbesserten Konzept dazu eingerichtet oder programmiert sein, ein Verfahren nach dem verbesserten Konzept durchzuführen oder es führt ein solches Verfahren durch.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird ein Kraftfahrzeug angegeben, das ein elektronisches Fahrzeugführungssystem nach dem verbesserten Konzept aufweist.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird ein Computerprogramm mit Befehlen angegeben, wobei die Befehle bei Ausführung der Befehle beziehungsweise des Computerprogramms durch ein elektronisches Fahrzeugführungssystem nach dem verbesserten Konzept, insbesondere durch die Recheneinheit des elektronischen Fahrzeugführungssystems, bewirken, dass das elektronische Fahrzeugführungssystem ein Verfahren nach dem verbesserten Konzept ausführt.

Gemäß dem verbesserten Konzept wird auch ein computerlesbares Speichermedium angegeben, welches ein Computerprogramm nach dem verbesserten Konzept speichert.

Das Computerprogramm sowie das computerlesbare Speichermedium nach dem verbesserten Konzept können jeweils als Computerprogrammprodukt mit den Befehlen verstanden werden.

Die Erfindung umfasst auch die Kombinationen der Merkmale der beschriebenen Ausführungsformen.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. In den Figuren zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftfahrzeugs mit einer beispielhaften Ausführungsform eines elektronischen Fahrzeugführungssystems nach dem verbesserten Konzept;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Definition von Fahrzeuggeschwindigkeiten für Risikozonen gemäß einer beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept;
- Fig. 3A eine schematische Darstellung einer Situation gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept;
- Fig. 3B eine schematische Darstellung einer weiteren Situation gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept;
- Fig. 3C eine schematische Darstellung einer weiteren Situation gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer weiteren Situation gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept;
- Fig. 5A eine schematische Darstellung einer weiteren Situation gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept;
- Fig. 5B eine schematische Darstellung einer weiteren Situation gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept; und

Fig. 5C eine schematische Darstellung einer weiteren Situation gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform eines Verfahrens nach dem verbesserten Konzept.

Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Ausführungsbeispiele auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

In den Figuren sind funktionsgleiche Elemente jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist schematisch ein Kraftfahrzeug 1 dargestellt, das eine beispielhafte Ausführungsform eines elektronischen Fahrzeugführungssystems 2 nach dem verbesserten Konzept beinhaltet. Das Fahrzeugführungssystem 2 enthält ein Umfeldsensorsystem 3, beispielsweise ein Kamerasystem, ein Lidarsystem und/oder ein Radarsystem, sowie eine mit dem Umfeldsensorsystem 3 verbundene Recheneinheit 4. Die Recheneinheit 4 kann beispielsweise als elektronisches Steuergerät des Kraftfahrzeugs 1 ausgestaltet sein oder ein solches beinhalten.

Das Umfeldsensorsystem 3 erzeugt Umfelddaten, um die Umgebung des Kraftfahrzeugs 1 abzubilden und übermittelt die Umfelddaten an die Recheneinheit 4. In der exemplarischen Situation der Fig. 1 befindet sich ein Objekt 5, beispielsweise eine Gebäudewand, in dem Sichtfeld des Umfeldsensorsystems 3. Die Umfelddaten beinhalten entsprechende Informationen, die das Objekt 5 darstellen, so dass die Recheneinheit 4, beispielsweise anhand eines Strahlenmodells oder dergleichen, eine Sichtlinie 10 identifizieren kann, die einen von dem Objekt 5 verdeckten Bereich 6 von einem unverdeckten Bereich 6' des Sichtfelds trennt. Die Recheneinheit 4 ist außerdem dazu eingerichtet, einen Referenzpunkt 7 auf der Sichtlinie 10 zu identifizieren, der als Zentrum für zwei oder mehr Risikozonen 8a, 8b, 8c fungiert. Die Recheneinheit 4 definiert zwei oder mehr Risikozonen 8a, 8b, 8c als konzentrische geometrische Formen, beispielsweise konzentrische Kreise und Kreisringe, mit dem Referenzpunkt 7 als Kreismittelpunkt beziehungsweise Kreisringmittelpunkt.

Im vorliegenden, nicht beschränkenden Beispiel der Fig. 1 definiert die Recheneinheit 4 beispielsweise eine erste Risikozone 8a, die einem Kreis mit dem Referenzpunkt 7 als Kreismittelpunkt entspricht, eine zweite Risikozone 8b, die einem an die erste Risikozone 8a angrenzenden Kreisring entspricht, und eine dritte Risikozone 8c, die einem an die zweite Risikozone 8b angrenzenden weiteren Kreisring entspricht. Mit anderen Worten beinhaltet die erste Risikozone 8a den Referenzpunkt 7 während die zweite und dritte Risikozone 8b, 8c jeweils einen Minimalabstand von dem Referenzpunkt 7 aufweist, der einem Innenradius des jeweiligen Kreisrings entspricht.

Jeder der Risikozonen 8a, 8b, 8c wird durch die Recheneinheit 4 ein entsprechender Risikokennwert zugeordnet. Beispielsweise kann der ersten Risikozone 8a der Risikokennwert 1 zugeordnet sein, entsprechend einem maximalen Kollisionsrisiko mit einem sich möglicherweise in dem verdeckten Bereich 6 befindlichen Objekt 9. Der zweiten Risikozone 8b kann der Risikokennwert 2 zugeordnet sein, der ein im Vergleich zum Risikokennwert 1 geringeres Risiko repräsentiert. Der dritten Risikozone 8c kann ein Risikokennwert von 3 zugeordnet sein, der ein gegenüber dem Risikokennwert 2 weiter verringertes Risiko darstellt.

Im Beispiel der Fig. 1 kann der Referenzpunkt 7 beispielsweise demjenigen Punkt an der Sichtlinie 10 entsprechen, der dem Kraftfahrzeug 1 am nächsten liegt und dabei noch unmittelbar an den verdeckten Bereich 6 angrenzt. Der Referenzpunkt 7 ist hier auch der Ort an dem der kürzeste Längsabstand eines Objekts aus der Verdeckung zum Kraftfahrzeug 1 vorläge, wenn ein solches Objekt aus der Verdeckung hervorkommen würde.

Das elektronische Fahrzeugführungssystem 2, insbesondere eine Steuereinheit des elektronischen Fahrzeugführungssystems 2 beziehungsweise der Recheneinheit 4, erzeugt basierend auf den Risikokennwerten der Risikozonen 8a, 8b, 8c eines oder mehrere Steuersignale zur wenigstens teilweise automatischen Steuerung des Kraftfahrzeugs 1.

Dabei kann das Kraftfahrzeug 1 beispielsweise vollautomatisch gesteuert werden, wobei eine Trajektorie 12, 12' des Kraftfahrzeugs durch eine oder mehrere der Risikozonen 8a, 8b, 8c führt. In solchen Ausführungsformen kann das Kraftfahrzeug 1 mit einer jeweiligen Geschwindigkeit bewegt werden, die sich in den unterschiedlichen Risikozonen 8a, 8b, 8c voneinander unterscheidet. Je höher das Risiko für eine potentielle Kollision in der entsprechenden Risikozone 8a, 8b, 8c, desto geringer ist die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs 1. Das Kraftfahrzeug 1 kann also gemäß der durch einen Pfeil angedeuteten Trajektorie 12 beispielsweise in die dritte Risikozone 8c einfahren und die Geschwindigkeit

auf eine entsprechende Geschwindigkeit reduzieren. Führt das Kraftfahrzeug 1 in die zweite Risikozone 8b ein, so wird die Geschwindigkeit weiter reduziert und beim Einfahren in die erste Risikozone 8a wird sie nochmals weiter reduziert.

Alternativ oder zusätzlich zur Geschwindigkeitsanpassung könnte das Fahrzeug auch gemäß einer angepassten Trajektorie 12' geführt werden, sodass ein größerer lateraler Abstand zu dem verdeckten Bereich 6 und dem Referenzpunkt 7 eingehalten werden kann.

In Fig. 2 ist schematisch eine Möglichkeit zur Definition der entsprechenden Geschwindigkeiten für die einzelnen Risikozonen 8a, 8b, 8c skizziert. Auf der Abszisse ist in Fig. 2 ein Abstand d aufgetragen, auf der Ordinate die Geschwindigkeit v des Kraftfahrzeugs 1. Ferner sind in Fig. 2 drei Kurven eingezeichnet, wobei die linke Kurve den Bremsweg d_1 des Kraftfahrzeugs 1 als Funktion der Geschwindigkeit v darstellt. Die mittlere Kurve ist eine Ursprungsgerade und repräsentiert beispielsweise einen Schätzwert für einen Weg d_2 , den das verdeckte Objekt 9 während des Bremsvorgangs des Fahrzeugs 1 zurücklegen würde. Die rechte Kurve berücksichtigt den zurückgelegten Weg d_3 des Kraftfahrzeugs 1 beziehungsweise des Objekts 9 aufgrund einer Verzögerungs- oder Reaktionszeit. Für eine gegebene Ausdehnung der Risikozonen 8a, 8b, 8c, beispielsweise für einen gegebenen Außenradius, kann so anhand der dritten Kurve eine mögliche Vorgabe für die Geschwindigkeit v für das Kraftfahrzeug 1 der entsprechenden Risikozone 8a, 8b, 8c bestimmt werden. Die Festlegung gemäß Fig. 2 ist jedoch nicht zwingend erforderlich und kann durch andere geeignete Definitionen der Geschwindigkeit für das Kraftfahrzeug 1 ersetzt werden.

Die Fig. 3A, Fig. 3B und Fig. 3C zeigen jeweils schematisch das Kraftfahrzeug 1 in verschiedenen möglichen Situationen, in denen das Fahrzeugführungssystem 2 nach dem verbesserten Konzept beziehungsweise ein Verfahren nach dem verbesserten Konzept angewendet werden kann. In Fig. 3A fährt das Kraftfahrzeug 1 auf einer Straße in Richtung einer von rechts in die Straße einmündenden zweiten Straße, die durch das Objekt 5 teilweise verdeckt ist und wobei sich in dem verdeckten Bereich 6 eine Person 9 befindet. In Fig. 3B ist eine ähnliche Situation dargestellt, wobei sich in dem verdeckten Bereich 6 ein Kraftfahrzeug befindet, das im Begriff ist, in die Straße, auf der sich das Kraftfahrzeug 1 bewegt, einzufahren. In Fig. 3C befindet sich das Kraftfahrzeug 1 auf einem Parkplatz, wobei das Objekt 5 ein weiteres Kraftfahrzeug ist, welches einen dahinterliegenden Bereich 6 verdeckt, in dem sich beispielsweise eine Person 9 befindet.

In Fig. 4 ist eine Situation dargestellt, die derjenigen aus Fig. 1 weitgehend entspricht, wobei das verdeckte Objekt 9 in Fig. 1 beispielsweise eine Person ist, während das verdeckte Objekt 9 in Fig. 4 als weiteres Kraftfahrzeug dargestellt ist. Während im Falle einer Person als verdecktes Objekt 9 nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich diese unmittelbar hinter dem verdeckenden Objekt 5 befindet, ist dies für die Situation der Fig. 4, insbesondere bei Rechtsverkehr, unwahrscheinlich. Insbesondere kann sich zwischen dem weiteren Kraftfahrzeug 9 der Fig. 4 und dem Kraftfahrzeug 1 eine weitere Fahrspur befinden, so dass der Abstand zwischen dem verdeckenden Objekt 5 und dem verdeckten weiteren Kraftfahrzeug 1 relativ hoch ist. Diese Information betreffend die Fahrspur kann die Recheneinheit 4 beispielsweise anhand von digitalem Kartenmaterial abrufen. Mittels dieser Informationen kann die Recheneinheit 4 die Ausdehnung der Risikozonen 8a, 8b, 8c beispielsweise im Vergleich zu den Risikozonen 8a, 8b, 8c der Fig. 1 verringern, da im Zweifelsfall noch genügend Platz zum Verzögern oder Ausweichen zur Verfügung steht.

Die Recheneinheit 4 kann den Referenzpunkt 7 auch dynamisch abhängig von der Position des Kraftfahrzeugs 1 verändern, wie es in Fig. 5A bis Fig. 5C schematisch dargestellt ist. Dazu kann die Recheneinheit 4 beispielsweise eine Minimalausdehnung des verdeckten Objekts 9 annehmen. Das verdeckte Objekt 9 kann beispielsweise anhand einer sogenannten Bounding Box abgebildet werden, wie es im Kontext der maschinellen Wahrnehmung üblich ist. Ist der Winkel α , den die Sichtlinie 10 mit dem verdeckenden Objekt 5 einschließt, bekannt, beispielsweise aus den Karteninformationen, so kann ein Bereich identifiziert werden, der zwar verdeckt ist, in dem sich jedoch ein Objekt mit einer Größe, die der Minimalausdehnung entspricht oder größer ist, nicht befinden kann, ohne in den unverdeckten Bereich 6' hineinzuragen. Dementsprechend kann die Recheneinheit 4 die Position des Referenzpunkts 7 entlang der Sichtlinie 10 verschieben, wie in Fig. 5B schematisch dargestellt, so dass der Einfluss der Risikozonen 8a, 8b, 8c auf die Steuerung des Kraftfahrzeugs 1 minimiert wird, ohne das Risiko einer Kollision signifikant zu vergrößern.

Alternativ kann die Position des Referenzpunkts 7 nicht entlang der Sichtlinie 10 verschoben werden, sondern entlang einer virtuellen Orthogonalen 11. Dazu kann die Recheneinheit 4 beispielweise basierend auf den Umfelddaten des Umfeldsensordsystems 3 eine Kante des verdeckenden Objekts 5 identifizieren. Die virtuelle Orthogonale 11 ist dann insbesondere orthogonal zu der Kante.

Alternativ oder zusätzlich zu der Anpassung der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs 1 beim Durchfahren der Risikozonen 8a, 8b, 8c kann die Recheneinheit 4, insbesondere im Falle

eines vollautonomen Kraftfahrzeugs 1, die Risikokennzahlen der Risikozonen 8a, 8b, 8c bei der Trajektorienplanung für das Kraftfahrzeug 1 berücksichtigen. In solchen Ausführungsformen können die Risikokennwerte der Risikozonen 8a, 8b, 8c über eine Kostenfunktion, die zum Planen der Trajektorie optimiert wird, berücksichtigt werden. Dadurch werden Trajektorien, die durch Risikozonen 8a, 8b, 8c führen umso unwahrscheinlicher, je geringer der Risikokennwert ist, je größer also das Risiko für eine Kollision ist.

Wie insbesondere bezüglich der Figuren beschrieben, ermöglicht es das verbesserte Konzept, Kraftfahrzeuge bei einem teilweise verdeckten Sichtbereich des Umfeldsensorsystems teilweise oder vollständig automatisch zu führen, wobei der Einfluss der teilweisen Verdeckung des Sichtbereichs auf die Steuerung des Kraftfahrzeugs minimiert werden kann, um die Fahrperformance bei gleichzeitig hoher Sicherheit zu erhöhen. Sichtverdeckungen werden durch das Umfeldsensorsystem des Kraftfahrzeugs selbst identifiziert, insbesondere abhängig vom jeweiligen Fahrzeugstandort, und bei der Fahrzeugführung, beispielsweise bei der Trajektorienplanung, zur Erhöhung der Sicherheit berücksichtigt.

Durch verschiedene Ausführungsformen des verbesserten Konzepts wird ein besonders hohes Maß an Sicherheit erreicht, indem die Trajektorie für das Kraftfahrzeug angepasst und gegebenenfalls seitlich mehr Abstand zu dem verdeckten Bereich eingehalten werden kann.

Bezugszeichenliste

1	Kraftfahrzeug
2	elektronisches Fahrzeugführungssystem
3	Umfeldsensorsystem
4	Recheneinheit
5	verdeckendes Objekt
6	verdeckter Bereich
6'	unverdeckter Bereich
7	Referenzpunkt
8a, 8b, 8c	Risikozonen
9	verdecktes Objekt
10	Sichtlinie

Patentansprüche

1. Verfahren zur wenigstens teilweise automatischen Steuerung eines Kraftfahrzeugs (1), wobei
 - mittels eines Umfeldsensorsystems (3) des Kraftfahrzeugs (1) Umfelddaten erzeugt werden, die eine Umgebung des Kraftfahrzeugs (1) darstellen; und
 - mittels einer Recheneinheit (4) basierend auf den Umfelddaten ein durch wenigstens ein verdeckendes Objekt (5) verdeckter Bereich (6) eines Sichtfelds des Umfeldsensorsystems (3) bestimmt wird; dadurch gekennzeichnet, dass
 - mittels der Recheneinheit (4) ein Referenzpunkt (7) auf einer Grenze (10) zwischen dem verdeckten Bereich (6) und einem unverdeckten Bereich (6') des Sichtfelds bestimmt wird und wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) mit jeweils dem Referenzpunkt (7) als Zentrum bestimmt werden, wobei jeder der wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) ein Risikokennwert zugeordnet wird; und
 - das Kraftfahrzeug (1) abhängig von den Risikokennwerten wenigstens teilweise automatisch gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) der jeweilige Risikokennwert mittels der Recheneinheit (4) abhängig von einem jeweiligen Minimalabstand der jeweiligen Risikozone (8a, 8b, 8c) von dem Referenzpunkt (7) zugeordnet wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
 - mittels der Recheneinheit (4) eine aktuelle Risikozone der wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) bestimmt wird, wobei eine Position des Kraftfahrzeugs (1) innerhalb der aktuellen Risikozone liegt; und
 - das Kraftfahrzeug (1) abhängig von dem der aktuellen Risikozone zugeordneten Risikokennwert wenigstens teilweise automatisch gesteuert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

das Kraftfahrzeug (1) gemäß einer von dem Risikokennwert der aktuellen Risikozone abhängigen Fahrzeuggeschwindigkeit oder Fahrzeugmaximalgeschwindigkeit wenigstens teilweise automatisch gesteuert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Recheneinheit (4) eine Trajektorie für das Kraftfahrzeug (1) abhängig von den wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) geplant wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass
 - mittels der Recheneinheit (4) eine Kostenfunktion durch Variation potentieller Trajektorien für das Kraftfahrzeug (1) optimiert wird, um die Trajektorie zu planen; und
 - die Kostenfunktion von den Risikokennwerten derjenigen der wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) abhängt, durch welche die jeweilige potentielle Trajektorie verläuft.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) mittels der Recheneinheit (4) abhängig von einer Veränderung der Position des Kraftfahrzeugs (1) kontinuierlich oder periodisch angepasst werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzpunkt (7) als Punkt auf der Grenze (10) mit minimalem Abstand zu dem Kraftfahrzeug (1) bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass
 - mittels der Recheneinheit (4) ein Punkt auf der Grenze (10) mit minimalem Abstand zu dem Kraftfahrzeug (1) bestimmt wird; und
 - der Punkt auf der Grenze (10) mit minimalem Abstand mittels der Recheneinheit (4) abhängig von einer vorgegebenen zu erwartenden Minimalausdehnung eines potentiell verdeckten Objekts (9) verschoben wird, um den Referenzpunkt (7) zu bestimmen.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
mittels der Recheneinheit (4) Karteninformationen aus einer elektronischen Karte gelesen werden und eine jeweilige Größe der wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) wird abhängig von den Karteninformationen bestimmt wird.
11. Elektronisches Fahrzeugführungssystem, aufweisend
 - ein Umfeldsensorsystem (3), das dazu eingerichtet ist, Umfelddaten zu erzeugen, die eine Umgebung des Umfeldsensorsystems (3) darstellen; und
 - eine Recheneinheit (4), die dazu eingerichtet ist, basierend auf den Umfelddaten einen durch wenigstens ein verdeckendes Objekt (5) verdeckten Bereich (6) eines Sichtfelds des Umfeldsensorsystems (3) zu bestimmen;
dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Recheneinheit (4) dazu eingerichtet ist, einen Referenzpunkt (7) auf einer Grenze (10) zwischen dem verdecken Bereich (6) und einem unverdeckten Bereich (6') des Sichtfelds zu bestimmen und wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) mit jeweils dem Referenzpunkt (7) als Zentrum zu bestimmen, wobei jeder der wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) ein Risikokennwert zugeordnet wird; und
 - das elektronische Fahrzeugführungssystem (2) eine Steuereinheit aufweist, die dazu eingerichtet ist, abhängig von den Risikokennwerten eines oder mehrere Steuersignale zur wenigstens teilweise automatischen Steuerung eines Kraftfahrzeugs (1) zu erzeugen.
12. Elektronisches Fahrzeugführungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass
das Umfeldsensorsystem (3) ein Kamerasystem und/oder ein Lidarsystem und/oder ein Radarsystem und/oder ein Ultraschallsensorsystem beinhaltet.
13. Elektronisches Fahrzeugführungssystem nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Recheneinheit (4) dazu eingerichtet ist, eine aktuelle Risikozone der wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) zu bestimmen, wobei die Position des Kraftfahrzeugs (1) innerhalb der aktuellen Risikozone liegt, und die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, das eine oder die mehreren Steuersignale abhängig von dem der aktuellen Risikozone zugeordneten Risikokennwert zu bestimmen; und/oder

- die Recheneinheit (4) dazu eingerichtet ist, eine Trajektorie für das Kraftfahrzeug (1) abhängig von den wenigstens zwei Risikozonen (8a, 8b, 8c) zu planen.
- 14. Kraftfahrzeug mit einem elektronischen Fahrzeugführungssystem (2) nach einem der Ansprüche 11 bis 13.
- 15. Computerprogrammprodukt mit Befehlen, die bei Ausführung durch ein elektronisches Fahrzeugführungssystem (2) nach einem der Ansprüche 11 bis 13 bewirken, dass das elektronische Fahrzeugführungssystem (2) ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausführt.

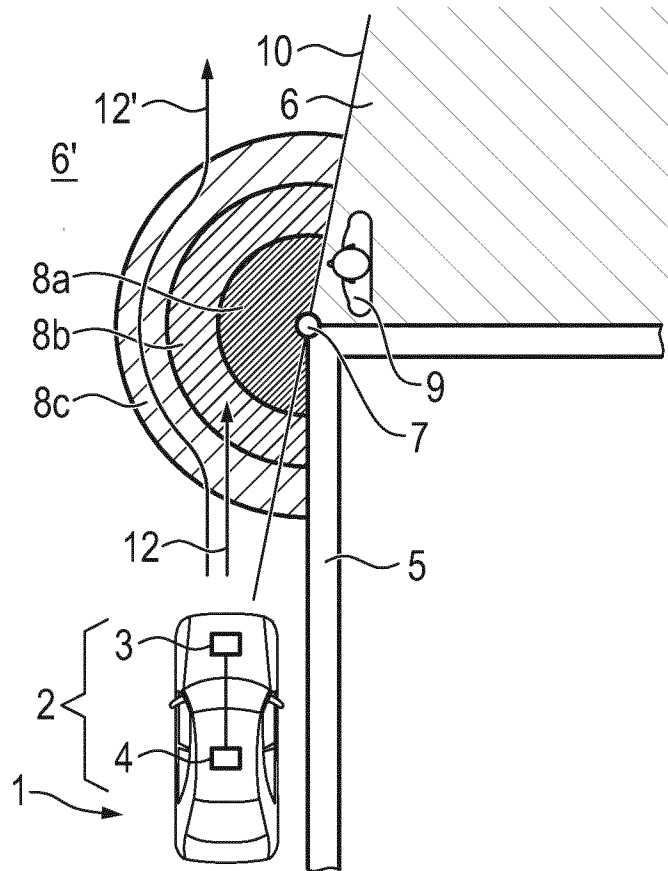


Fig. 1

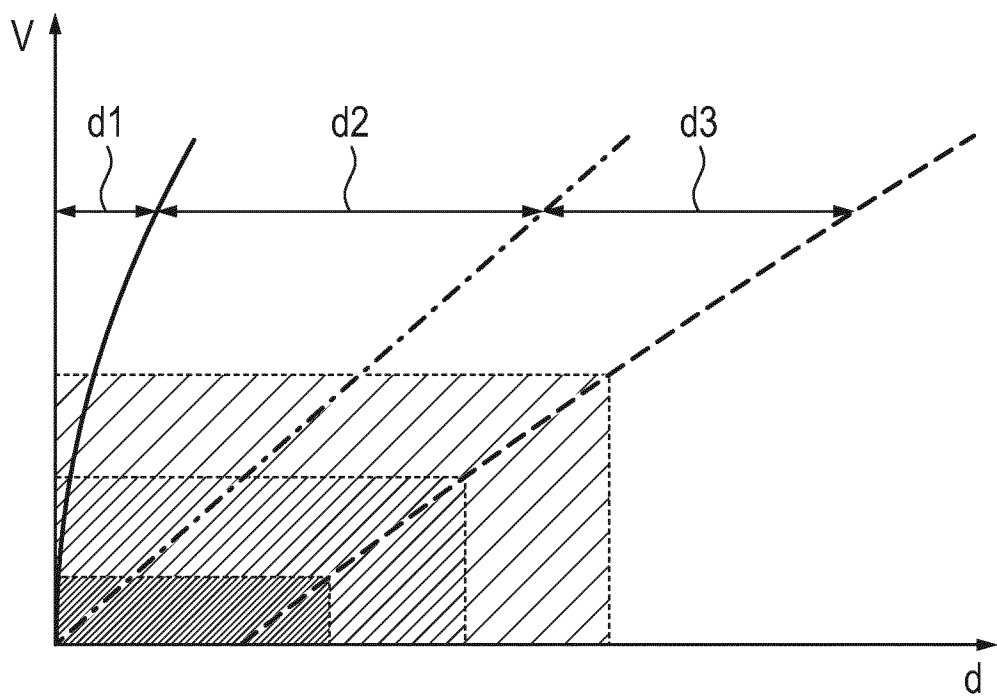


Fig. 2

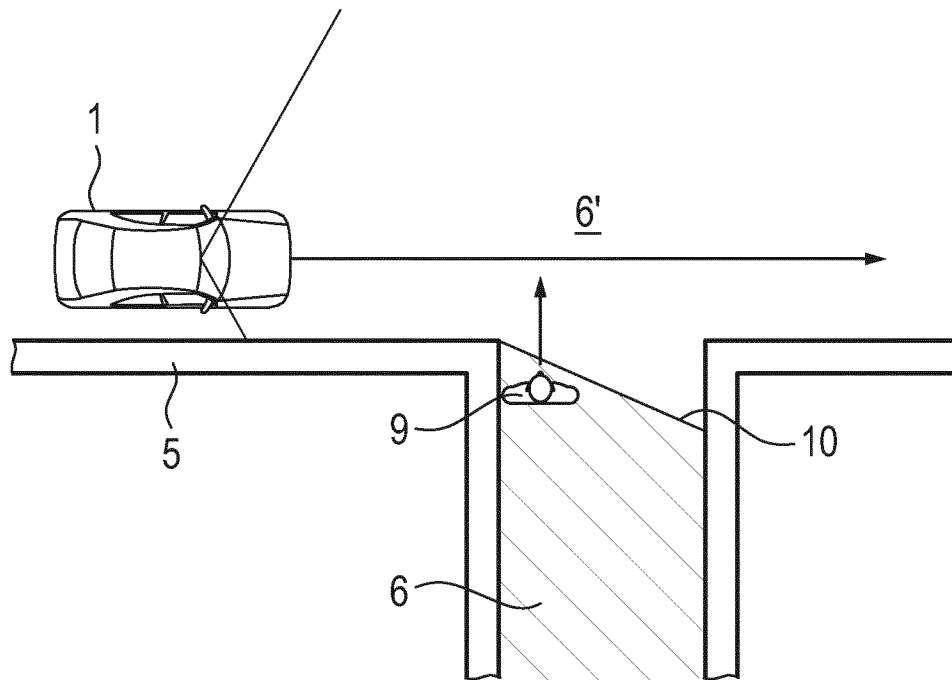


Fig. 3A

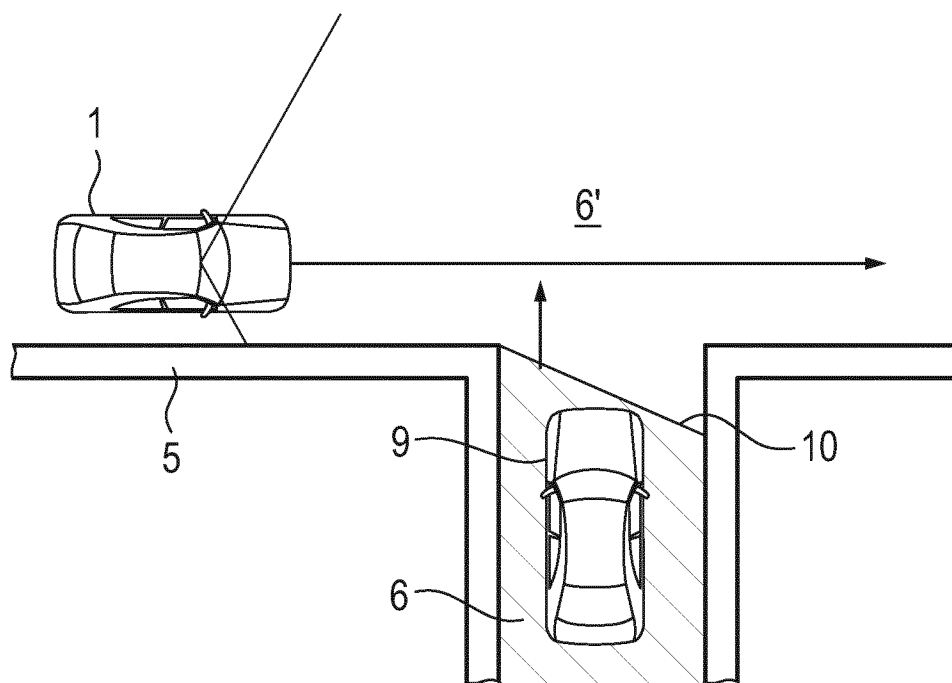


Fig. 3B

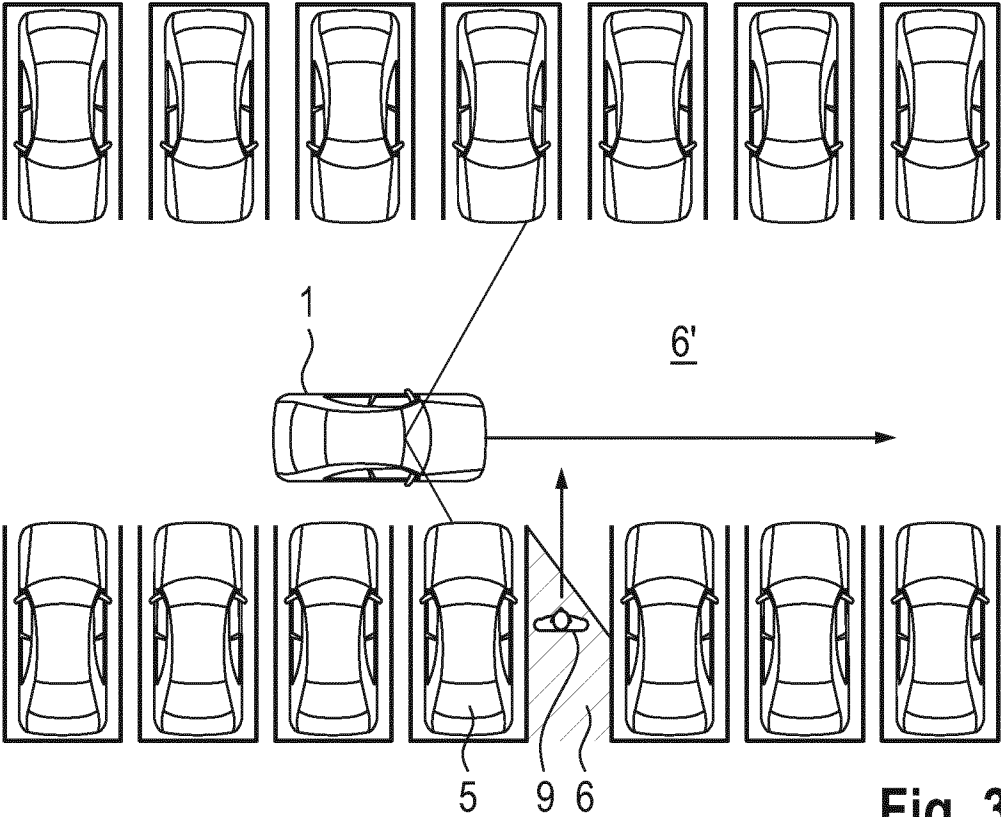
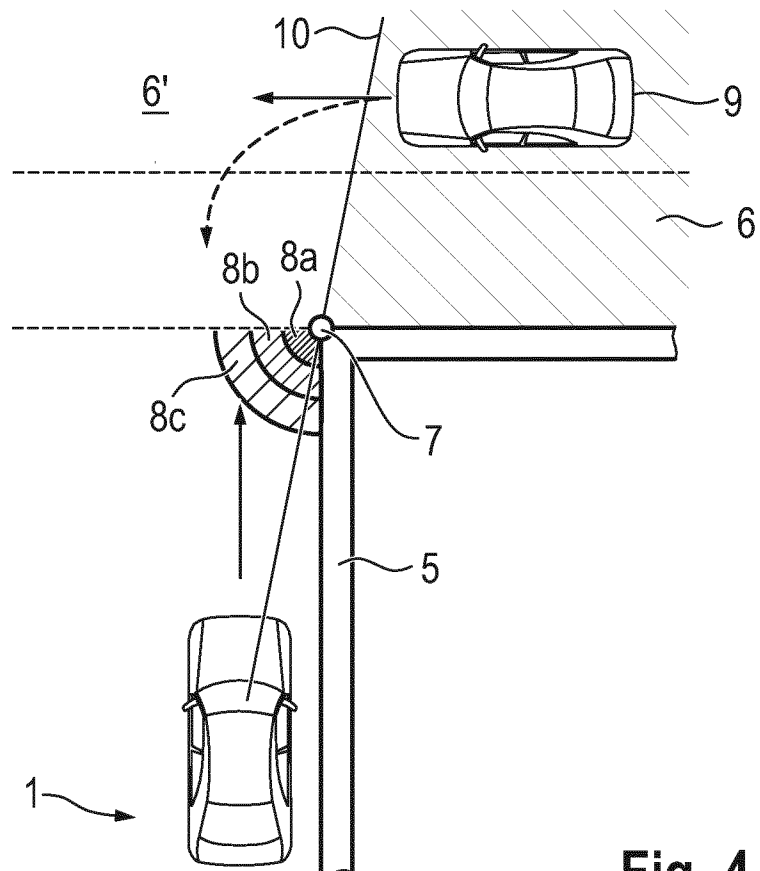


Fig. 3C

**Fig. 4**

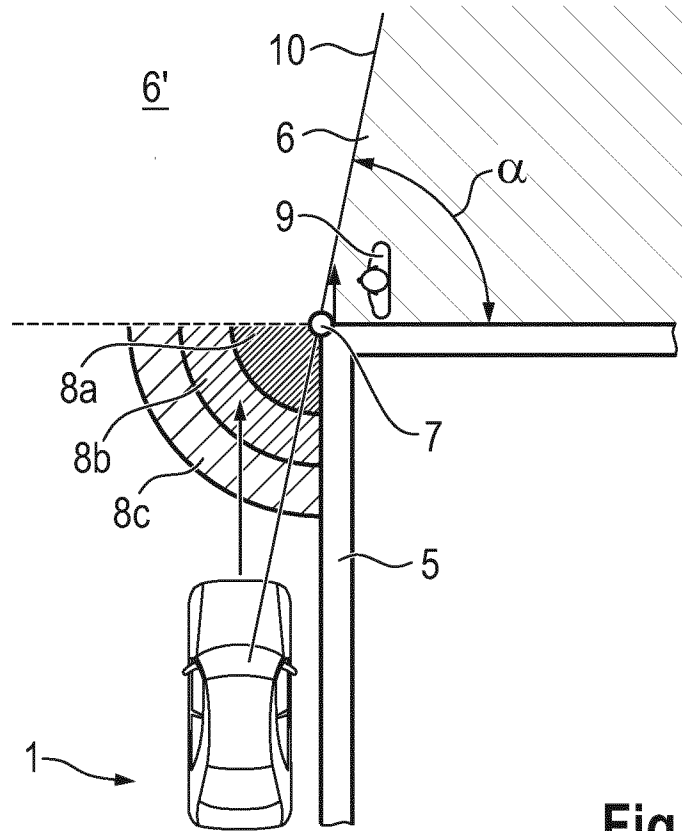


Fig. 5A

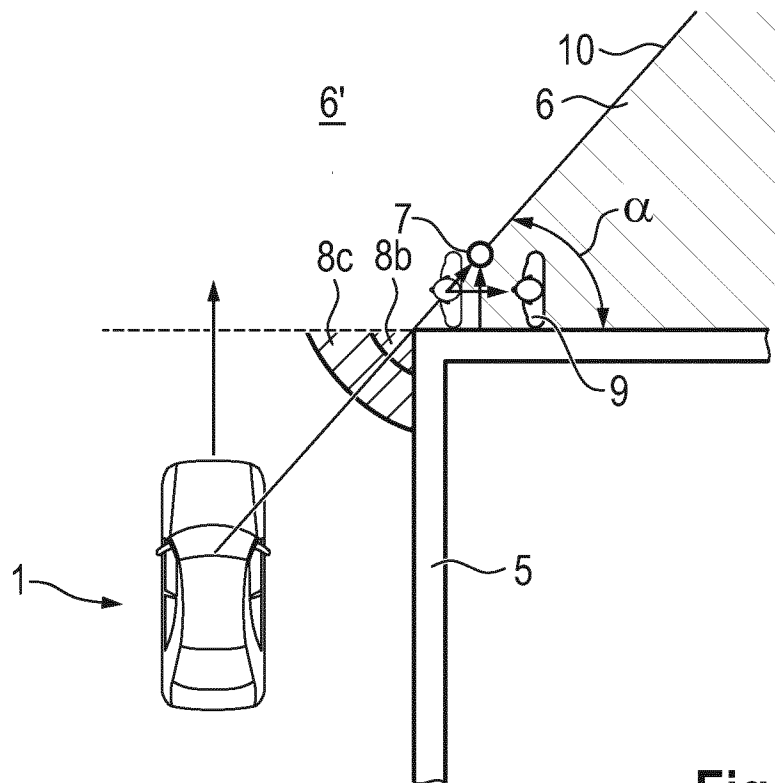


Fig. 5B

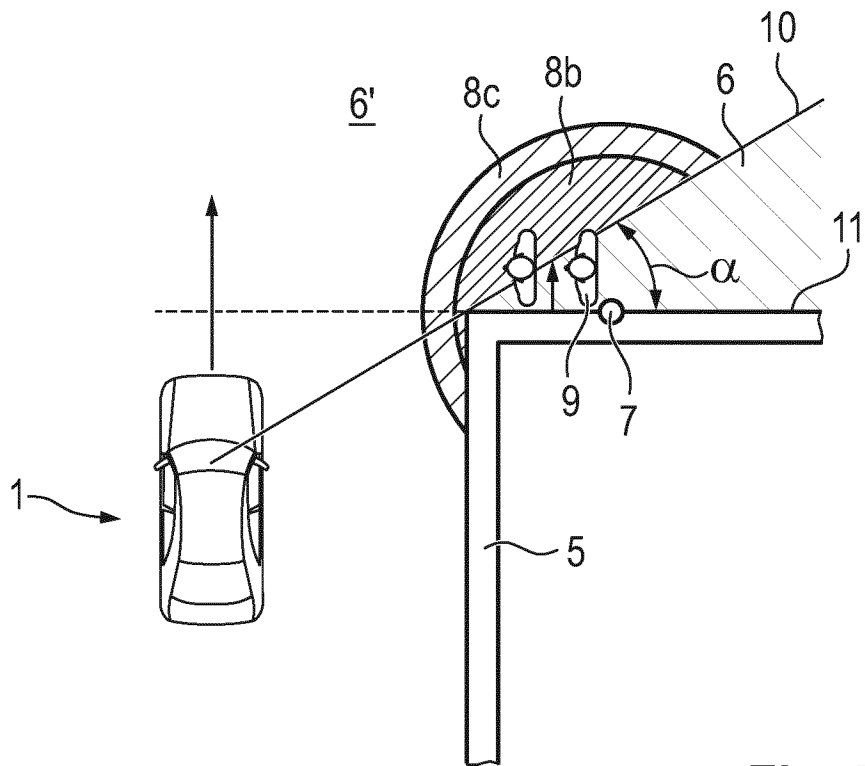


Fig. 5C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/081451**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G05D 1/02**(2020.01)i; **G08G 7/00**(2006.01)i; **G08G 1/00**(2006.01)i; **G08G 1/16**(2006.01)i; **G06K 9/00**(2022.01)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)

G05D; G08G

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.
X	US 2020103523 A1 (LIU YU [US] ET AL) 02 April 2020 (2020-04-02)	1,5,8,11,12,14,15
Y	paragraphs [0018], [0024] - [0025], [0028], [0030], [0032], [0052]; claims 1,7-8,10;	7
A	figures 1-2,5,9	2-4,6,9,10,13
Y	US 2019384302 A1 (SILVA WILLIAM ANTHONY [US] ET AL) 19 December 2019 (2019-12-19)	7
	paragraphs [0098] - [0108]; claims 1-3,5; figures 2,6-7,11	
A	US 2020278681 A1 (GIER MAX [US] ET AL) 03 September 2020 (2020-09-03)	1-15
	paragraphs [0043], [0068] - [0079]; claims 1,14,19; figures 5A,5B,7	
A	WO 2020164867 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 20 August 2020 (2020-08-20)	1-15
	abstract; claims 1-2,5; figure 2 page 12, paragraph second	

☐ 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

07 February 2022

Date of mailing of the international search report

01 March 2022

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

Mallet, Philippe

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/081451

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2020103523	A1	02 April 2020	CN	112752988	A	04 May 2021
				EP	3857264	A1	04 August 2021
				JP	2022502306	A	11 January 2022
				US	2020103523	A1	02 April 2020
				WO	2020069025	A1	02 April 2020
US	2019384302	A1	19 December 2019	US	2019384302	A1	19 December 2019
				US	2020225672	A1	16 July 2020
US	2020278681	A1	03 September 2020	CN	113544696	A	22 October 2021
				EP	3931742	A1	05 January 2022
				US	2020278681	A1	03 September 2020
				US	2021278853	A1	09 September 2021
				WO	2020176293	A1	03 September 2020
WO	2020164867	A1	20 August 2020	CN	113423626	A	21 September 2021
				DE	102019202026	A1	20 August 2020
				EP	3924236	A1	22 December 2021
				WO	2020164867	A1	20 August 2020

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G05D1/02 G08G7/00 G08G1/00 G08G1/16 G06K9/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G05D G08G		
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.
X	US 2020/103523 A1 (LIU YU [US] ET AL) 2. April 2020 (2020-04-02)	1, 5, 8, 11, 12, 14, 15
Y	Absätze [0018], [0024] - [0025], [0028],	7
A	[0030], [0032], [0052]; Ansprüche 1, 7-8, 10; Abbildungen 1-2, 5, 9 -----	2-4, 6, 9, 10, 13
Y	US 2019/384302 A1 (SILVA WILLIAM ANTHONY [US] ET AL) 19. Dezember 2019 (2019-12-19) Absätze [0098] - [0108]; Ansprüche 1-3, 5; Abbildungen 2, 6-7, 11 -----	7
A	US 2020/278681 A1 (GIER MAX [US] ET AL) 3. September 2020 (2020-09-03) Absätze [0043], [0068] - [0079]; Ansprüche 1, 14, 19; Abbildungen 5A, 5B, 7 ----- --/--	1-15
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. Februar 2022		01/03/2022
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 Mallet, Philippe

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2020/164867 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 20. August 2020 (2020-08-20) Zusammenfassung; Ansprüche 1-2,5; Abbildung 2 Seite 12, Absatz zweite -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/081451

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2020103523 A1	02-04-2020	CN 112752988 A	04-05-2021
		EP 3857264 A1	04-08-2021
		JP 2022502306 A	11-01-2022
		US 2020103523 A1	02-04-2020
		WO 2020069025 A1	02-04-2020

US 2019384302 A1	19-12-2019	US 2019384302 A1	19-12-2019
		US 2020225672 A1	16-07-2020

US 2020278681 A1	03-09-2020	CN 113544696 A	22-10-2021
		EP 3931742 A1	05-01-2022
		US 2020278681 A1	03-09-2020
		US 2021278853 A1	09-09-2021
		WO 2020176293 A1	03-09-2020

WO 2020164867 A1	20-08-2020	CN 113423626 A	21-09-2021
		DE 102019202026 A1	20-08-2020
		EP 3924236 A1	22-12-2021
		WO 2020164867 A1	20-08-2020
