



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 205 034.7**

(22) Anmeldetag: **20.05.2022**

(43) Offenlegungstag: **23.11.2023**

(51) Int Cl.: **B60W 30/06 (2006.01)**

B60W 40/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Continental Autonomous Mobility Germany
GmbH, 85057 Ingolstadt, DE**

(72) Erfinder:

**Deusch, Hendrik, Dr., 90411 Nürnberg, DE; Stein,
Nicolas, 90411 Nürnberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

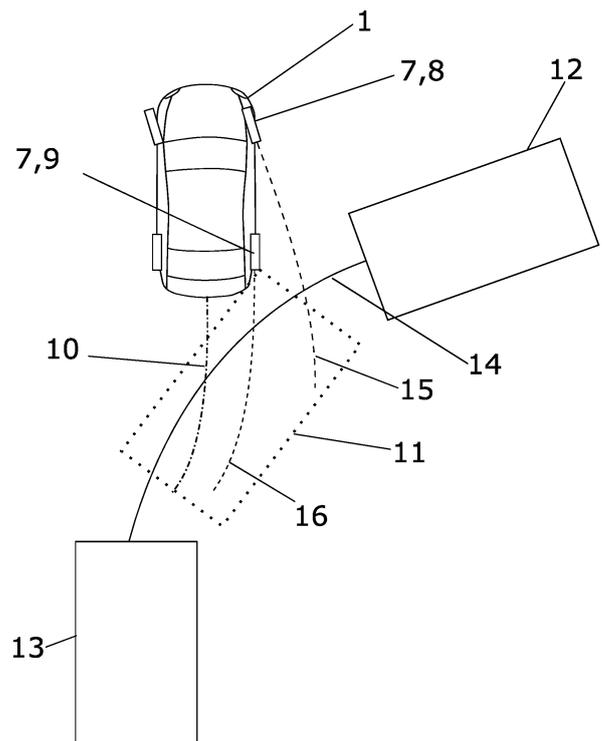
DE	10 2004 001 555	A1
DE	10 2009 003 216	A1
DE	10 2013 221 355	A1
DE	10 2015 201 038	A1
DE	10 2016 117 705	A1
DE	10 2020 124 920	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Ermitteln einer Fahrtrajektorie, Steuereinrichtung und Fahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer Fahrtrajektorie (10) für ein Fahrmanöver eines Fahrzeugs (1), wobei die Fahrtrajektorie (10) eine Bewegung des Fahrzeugs (1) zu einer Zielposition (11) beschreibt und wobei zum Erreichen der Zielposition (11) wenigstens eine überfahrbare Struktur (14), deren Höhe (h) sich von einer Fahrbahnoberfläche (18) unterscheidet, von wenigstens einem Rad (7, 8, 9) des Fahrzeugs (1) überfahren wird, wobei für das wenigstens eine Rad (7, 8, 9) ein dem Rad (7, 8, 9) zugeordneter Kollisionswinkel (19) des Rades (7, 8, 9) mit der Struktur (14) aus einer dem wenigstens einen Rad (7, 8, 9) zugeordneten Radtrajektorie (10) sowie einem wenigstens die Struktur (14) beschreibenden Umfeldmodell bestimmt wird und die Fahrtrajektorie (10) derart ermittelt wird, dass der Kollisionswinkel (19) bei dem Fahrmanöver innerhalb eines vorgegebenen Winkelbereichs liegt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer Fahrtrajektorie für ein Fahrmanöver eines Fahrzeugs, wobei die Fahrtrajektorie eine Bewegung des Fahrzeugs zu einer Zielposition beschreibt und wobei zum Erreichen der Zielposition wenigstens eine überfahrbare Struktur, deren Höhe sich von einer Fahrbahnoberfläche unterscheidet, von wenigstens einem Rad des Fahrzeugs überfahren wird. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Steuereinrichtung sowie ein Fahrzeug.

[0002] Bei der Bewegung von Fahrzeugen, insbesondere bei Parkmanövern oder anderen Fahrvorgängen mit langsamer Geschwindigkeit, kann es erforderlich sein, dass Strukturen überfahren werden müssen, welche gegenüber einer Fahrbahn erhöht oder erniedrigt sind. Bei solchen Strukturen kann es sich zum Beispiel um Bordsteine handeln, welche bei einem Einpark- oder Ausparkvorgang überfahren werden müssen.

[0003] Das Fahren auf Bordsteine hinauf oder von Bordsteinen hinunter bzw. das Überfahren vergleichbarer Strukturen mit wenigstens einem Rad eines Fahrzeugs birgt auch bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten die Gefahr, dass es zu Beschädigungen an dem Rad bzw. an einem Reifen und/oder einer Felge des Rades kommt, wenn das Rad unter einem ungünstigen Winkel in Kontakt mit dem Bordstein bzw. der Struktur gelangt. Für derartige Fahrmanöver ist es wünschenswert, eine zur Durchführung des Fahrmanövers abzufahrende Fahrtrajektorie derart zu ermitteln, dass möglichst kein Risiko für Beschädigungen an einem Rad des Fahrzeugs auftritt.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind dazu verschiedene Verfahren bekannt. In DE 10 2013 221 355 A1 wird ein Verfahren zum Einparken eines Fahrzeugs in eine Parklücke beschrieben, wobei sich die Parklücke zumindest teilweise auf einer erhöhten Fahrbahnbegrenzung in einer Kurve befindet. Dazu werden mithilfe von wenigstens einem Abstandsensor Umfelddaten erfasst, aus denen ein Umfeldmodell der erhöhten Fahrbahnbegrenzung ermittelt wird. Das Umfeldmodell beschreibt dabei zumindest eine Krümmung der erhöhten Fahrbahnbegrenzung, wobei eine Ziel-Parkposition in Abhängigkeit von dieser Krümmung ermittelt wird. Eine Anfahrt der Endposition in einem flachen Winkel kann dabei vermieden werden, um Schäden an den Felgen oder den Reifen zu vermeiden.

[0005] Aus DE 10 2015 201 038 A1 ist ein Verfahren zur Bahnplanung des Einparkens eines Fahrzeugs in eine Parklücke bekannt, wobei die Bahnplanung wenigstens einen eine Trajektorie aufweisenden

Fahrzug umfasst. Das Fahrzeug wird aus einer Startposition in eine Endposition bewegt, wobei bei der Bahnplanung Fahrbahnunebenheiten wie Bordsteine oder rinnenartige Vertiefungen entlang des Fahrzugs berücksichtigt werden. Die Bahnplanung wird dabei in Bezug zu einer optimierten Bahnplanung ohne Berücksichtigung von Fahrbahnunebenheiten derart modifiziert, dass die Anzahl von Überquerungen der Fahrbahnunebenheiten reduziert wird. Weiterhin wird der Fahrzeug dabei derart ermittelt, dass ein Winkel zwischen dem Rad und der Fahrbahnunebenheit eine bestimmte Mindestgröße aufweist.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren für das Ermitteln einer Fahrtrajektorie für ein autonomes oder teilautonomes Fahrmanöver eines Fahrzeugs anzugeben, welche insbesondere eine verbesserte Ermittlung eines Kollisionswinkels zwischen wenigstens einem Rad des Fahrzeugs und der Struktur ermöglicht.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einem Verfahren der eingangsgenannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass für das wenigstens eine Rad ein dem Rad zugeordneter Kollisionswinkel des Rades mit der Struktur aus einer dem wenigstens einen Rad zugeordneten Radtrajektorie sowie einem wenigstens die Struktur beschreibenden Umfeldmodell bestimmt wird und die Fahrtrajektorie derart ermittelt wird, dass der Kollisionswinkel bei dem Fahrmanöver innerhalb eines vorgegebenen Winkelbereichs liegt.

[0008] Die Fahrtrajektorie, welche die Durchführung des gewünschten Fahrmanövers ermöglicht, wird insbesondere derart ermittelt, dass flache Winkel zwischen dem Rad und dem Bordstein vermieden werden, bei welchen ein vergleichsweise hohes Risiko für eine Beschädigung des Rades, beispielsweise ein Verkratzen einer Felge oder eine seitliche Beschädigung an einem Reifen, besteht.

[0009] Die Berücksichtigung einer dem wenigstens einen Rad zugeordneten Radtrajektorie ermöglicht dabei eine präzise Kollisionswinkelermittlung für jedes Rad, welches bei Durchführung des Fahrmanövers bzw. bei Abfahren der ermittelten Trajektorie in Kontakt mit der Struktur gerät. Je nach dem Verlauf der Struktur und der gewünschten Zielposition des Fahrzeugs nach Durchführung des Manövers können dabei ein einzelnes Rad des Fahrzeugs, mehrere Räder des Fahrzeugs oder alle Räder des Fahrzeugs die Struktur überfahren. Das Fahrmanöver kann insbesondere ein teilautonomes oder autonomes Fahrmanöver sein.

[0010] Bei dem Fahrzeug kann es sich beispielsweise um einen Personenkraftwagen (PKW) mit vier Rädern handeln. Auch eine Ausbildung des

Fahrzeugs als eine andere Art von Kraftfahrzeug oder als ein unmotorisiertes Fahrzeug, beispielsweise als ein Anhänger, ist möglich. Insbesondere kann das Fahrzeug auch ein Gespann aus einem Kraftfahrzeug und einem Anhänger sein, wobei sowohl für die Räder des Kraftfahrzeugs als auch für die Räder des Anhängers jeweils eine Kollisionswinkelermittlung erfolgen kann.

[0011] Vorteilhaft ermöglicht es das Verfahren, dass für jedes der Räder ein individueller Kollisionswinkel des jeweiligen Rades ermittelt werden kann. Dazu kann für jedes Rad des Fahrzeugs, welches bei der Durchführung des Fahrmanövers die Struktur überfährt, eine Ermittlung des jeweiligen Kollisionswinkels erfolgen. Dabei kann für jedes der Räder die jeweils dem Rad zugeordnete Radtrajektorie herangezogen werden. Aus den einzelnen Radtrajektorien kann unter Berücksichtigung des die Struktur beschreibenden Umfeldmodells für jedes Rad der Kollisionswinkel bestimmt werden. Dies ermöglicht es, die Fahrtrajektorie derart zu ermitteln, dass der Kollisionswinkel für jedes der Räder bei der Durchführung des Fahrmanövers innerhalb des vorgegebenen Winkelbereichs liegt. Dabei kann für jedes der Räder derselbe Winkelbereich vorgegeben sein oder es können für unterschiedliche Räder unterschiedliche Winkelbereiche, insbesondere radindividuell, vorgegeben werden.

[0012] Insbesondere, wenn eine zu überfahrende Struktur eine ungleichmäßige Form aufweist und/oder gekrümmt ist, können Szenarien auftreten, in denen sich für unterschiedliche Räder des Fahrzeugs unterschiedliche Kollisionswinkel ergeben. Insbesondere können sich diese Kollisionswinkel für die einzelnen Räder eines Fahrzeugs auch deutlich von einem Winkel zwischen der Trajektorie des Fahrzeugs und der Struktur unterscheiden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann es auch in solchen Fällen vorteilhaft vermieden werden, dass ein Überfahren der Struktur mit einem ungünstigen Kollisionswinkel zwischen einem oder mehreren Rädern und der Struktur erfolgt.

[0013] Der Kollisionswinkel beschreibt dabei jeweils den Winkel zwischen einer in der Bewegungsrichtung des Rades liegenden Kante des Rades und einer von der Radtrajektorie geschnittenen Kante der Struktur. Der Kollisionswinkel beschreibt diesen Winkel dabei unabhängig von der Bewegungsrichtung des Rades, also unabhängig davon, ob das Rad die Struktur, beispielsweise einen Bordstein, hinauf oder hinunter fährt.

[0014] Durch das Betrachten der einzelnen Radtrajektorien sowie der in dem Umfeldmodell beschriebenen Geometrie der Struktur kann somit vorteilhaft für alle Szenarien und alle Räder ein Kollisionswinkel innerhalb des vorgegebenen Winkelbereichs bei der

zu ermittelnden Trajektorie eingehalten werden. Insbesondere eine gesonderte Betrachtung von Kurvenszenarien, beispielsweise bei einem Ein- oder Ausparken auf gekrümmten Bordsteinen oder bei vergleichbaren Manövern, ist nicht nötig. Ferner kann durch die explizite und präzise Berechnung des Kollisionswinkels für jedes Rad auf Annahmen, welche die Verfügbarkeit für das Fahrmanöver einschränken können, verzichtet werden.

[0015] Eine präzise Ermittlung des Kollisionswinkels hat weiterhin den Vorteil, dass das Fahrmanöver nicht unterbrochen und/oder mit einer korrigierten Fahrtrajektorie fortgesetzt werden muss, da bereits zu Beginn eine hinsichtlich des Kollisionswinkels optimierte Fahrtrajektorie ermittelt wird, so dass während der Durchführung des Manövers keine im Vorfeld nicht berücksichtigten Kollisionswinkel auftreten, welche eine Unterbrechung und/oder eine Korrektur erforderlich machen würden. Außerdem ist vorteilhaft, dass, bereits wenn dem Fahrer beispielsweise ein (teil-) automatisierter Parkvorgang als Fahrmanöver angeboten wird, sichergestellt wurde, dass der Parkvorgang den Bordstein korrekt berücksichtigt und ein Erreichen der Parkendposition bzw. der Zielposition sichergestellt werden kann.

[0016] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass der Kollisionswinkel zusätzlich in Abhängigkeit von einem die Geometrie des Rads zumindest teilweise beschreibenden, wenigstens zweidimensionalen Radmodell ermittelt wird. Durch das Modell kann insbesondere eine Breite des Rads in Fahrzeugquerrichtung sowie eine Ausdehnung des Rads in Fahrzeuglängsrichtung beschrieben werden. Das Berücksichtigen der geometrischen Ausdehnung des Rads ermöglicht eine präzise Ermittlung des Kontakt- bzw. Kollisionswinkels, da dieser Winkel, insbesondere bei einer gekrümmten oder unregelmäßig geformten Struktur, für unterschiedliche Abschnitte des Rads unterschiedlich ausfallen kann. Durch das Ermitteln des Kollisionswinkels auch in Abhängigkeit des zwei- oder mehrdimensionalen Modells des Rads kann somit erreicht werden, dass auch in Bezug zu der gesamten Radbreite bzw. in Bezug zu der gesamten Ausdehnung des Rads in Fahrzeuglängsrichtung der vorgegebene Winkelbereich für den Kollisionswinkel eingehalten wird.

[0017] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Radmodell eine Projektion des wenigstens einen Rads auf die Fahrbahnoberfläche und/oder wenigstens eine der Höhe einer Oberfläche der Struktur zugeordnete Projektion des wenigstens einen Rads umfasst, wobei der Kollisionswinkel mithilfe der Projektion ermittelt wird. Insbesondere kann das Radmodell verschiedene, unterschiedlichen Höhen der Struktur zugeordnete Projektionen umfassen. Ein solches

Radmodell kann dabei als ein 2,5-dimensionales Modell bezeichnet werden.

[0018] Eine Projektion gibt dabei neben der insbesondere für alle Strukturhöhen gleichen Radbreite auch die Ausdehnung des Rades in Fahrzeuginnenrichtung in einer der Strukturhöhe entsprechenden Höhe an. Da ein Rad zumindest im Wesentlichen eine Zylinderscheibenform aufweist, nimmt die in Bezug für die Ermittlung eines Kollisionswinkel maßgebliche Ausdehnung des Rads in Fahrzeuginnenrichtung für steigende Höhen der Struktur kontinuierlich bis zum Raddurchmesser zu. In anderen Worten ist für niedrigere Strukturen eine geringere Ausdehnung des Rads in Fahrzeuginnenrichtung maßgeblich als für höhere Strukturen.

[0019] Vorteilhaft kann durch das Berücksichtigen der Projektion eine präzise Kollisionswinkelermittlung erfolgen. Insbesondere kann bei Rädern, welche nah an der Struktur positioniert sind bzw. welche bei Befahren der Trajektorie an zumindest einem Zeitpunkt nah an der Struktur positioniert sind, auch eine mögliche Kollision einer Radaußenseite oder Radinnenseite mit der Struktur berücksichtigt werden. Dabei kann mit Vorteil ebenfalls ein auftretender Kollisionswinkel auf den vorgegebenen Wertebereich beschränkt werden.

[0020] Weiterhin muss keine fixe Mindestdistanz zwischen Rad und der Struktur eingehalten werden, bevor ein Richtungswechsel möglich ist, da ggf. durch Umlenken schon mit einer deutlich kürzeren Strecke sichergestellt werden kann, dass keines der Räder den Bordstein wieder herunter fahren wird. Dies bewirkt vorteilhaft eine erhöhte Verfügbarkeit des Verfahrens bzw. eine erhöhte Verfügbarkeit von Fahrtrajektorien, da insgesamt weniger Platz für die Bewegung des Fahrzeugs benötigt wird.

[0021] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass eine als ein Polygon und/oder als ein Ellipsoid beschriebene Projektion verwendet wird. Eine Beschreibung der Projektion als Polygon und oder als Ellipsoid hat den Vorteil, dass eine Berechnung des Kontaktwinkels zu der Struktur mit einem vergleichsweise geringen Rechenaufwand möglich ist.

[0022] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass in dem Umfeldmodell als überfahrbare Struktur eine Struktur mit einer Oberfläche oberhalb oder unterhalb der Fahrbahnoberfläche, insbesondere ein Bordstein, eine Bodenschwelle, eine Rinne, ein Schlagloch, oder eine Fahrbahnwölbung, beschrieben wird. Auch andere Arten von Strukturen, welche von einem Fahrzeug, insbesondere bei niedrigen Geschwindigkeiten, überfahren werden können, können in dem Umfeldmodell beschrieben sein.

[0023] Die Oberfläche der Struktur kann sich beispielsweise zwischen 3 cm und 25 cm oberhalb und/oder unterhalb einer Fahrbahnoberfläche befinden. Die untere Intervallgrenze von 3 cm und insbesondere die obere Intervallgrenze von 25 cm können auch größer oder kleiner gewählt werden, beispielsweise in Abhängigkeit eines Fahrzeugtyps und/oder in Abhängigkeit eines Radtyps bzw. einer Bereifung des Fahrzeugs.

[0024] Erfindungsgemäß kann ein Umfeldmodell verwendet werden, in dem der Struktur eine Höhe oder eine Höhenklasse zugeordnet ist und/oder in dem die Struktur als ein Polygonzug, als ein Spline und/oder als eine geometrische Figur beschrieben ist. Die Höhe der Struktur kann zum Beispiel in dem Umfeldmodell als Wert hinterlegt sein. Zusätzlich oder alternativ dazu kann die Höhe der Struktur auch einer von mehreren Höhenklassen zugeordnet sein, wobei die Höhenklassen jeweils Strukturen umfassen, deren Höhe in einem der jeweiligen Höhenklasse zugeordneten Intervall liegen. Die Höhe bzw. die Höhenklasse einer Struktur im Umfeld des Fahrzeugs kann zum Beispiel aus den Sensordaten wenigstens eines Umfeldsensors des Fahrzeugs ermittelt werden.

[0025] Die Struktur kann innerhalb des Umfeldmodells zum Beispiel als ein Polygonzug, als ein Spline oder als eine geometrische Figur, zum Beispiel als eine Gerade, ein Bogensegment oder Ähnliches, beschrieben werden. Ein gekrümmter Bordstein als Struktur kann zum Beispiel auch als ein Kreis oder als ein Kreisbogensegment mit einem der Krümmung entsprechenden Radius beschrieben werden, was vorteilhaft den Rechenaufwand für die Kollisionsprüfung reduzieren kann und somit die Kollisionsüberprüfungseffizienz erhöht.

[0026] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass für jedes Rad des Fahrzeugs jeweils eine Radtrajektorie in Abhängigkeit eines dem Rad zugeordneten Lenkwinkels des Rads ermittelt wird. Das Einbeziehen des Lenkwinkels für die einzelnen Räder ermöglicht es, zu berücksichtigen, dass beispielsweise an einer Lenkachse eines Fahrzeugs angeordnete Räder bei dem Befahren der Trajektorie einen von dem Lenkwinkel abhängige Orientierung in Bezug zu dem Fahrzeug beziehungsweise in Bezug zu der Struktur aufweisen können. Vorteilhaft kann mittels des Verfahrens für jede Art von Fahrzeug, bzw. für jede Anzahl von an starren Achsen und/oder an lenkbaren Achsen angeordneten Rädern, eine präzise Ermittlung des radindividuellen Kollisionswinkels erfolgen.

[0027] Das Fahrmanöver kann erfindungsgemäß ein Einparkvorgang, ein Ausparkvorgang, ein Wendemanöver oder ein Rückfahrmanöver sein. Ein Einpark- oder Ausparkvorgang kann dabei parallel zu

einer Fahrtrichtung der Fahrbahn, quer zu der Fahrtrichtung der Fahrbahn oder unter einem Winkel zu der Fahrtrichtung der Fahrbahn erfolgen. Der Einpark- oder Ausparkvorgang kann dabei beispielsweise ein teilweises oder vollständiges Befahren eines geraden oder gekrümmten Bordsteins umfassen, wobei der Bordstein entsprechend die überfahrbare bzw. überfahrene Struktur darstellt.

[0028] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Ermittlung der Fahrtrajektorie zum Erreichen der vorgegebenen Zielposition derart erfolgt, dass die Anzahl der Überfahrvorgänge, bei denen die Struktur von dem wenigstens einen Rad überfahren wird, minimal ist. Dabei kann unter der Einhaltung der Winkelbereiche für den Kollisionswinkel diejenige mögliche Fahrtrajektorie gewählt werden, bei welcher die Anzahl der Überfahrvorgänge minimal ist.

[0029] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass das Fahrzeug wenigstens einen Umfeldsensor umfasst, wobei das Umfeldmodell aus Sensordaten des wenigstens einen Umfeldsensors erstellt wird. Durch den Umfeldsensor kann zumindest ein Teil des Fahrzeugumfelds bzw. der Fahrzeugumgebung erfasst werden, wobei aus den Sensordaten des Umfeldsensors das Umfeld zumindest teilweise beschreibende Umfeldmodell erzeugt wird.

[0030] Bei dem Umfeldsensor kann es sich zum Beispiel um einen Ultraschallsensor, einen Radarsensor, einen Lidarsensor oder eine Kamera handeln. Das Fahrzeug kann insbesondere mehrere Umfeldsensoren, insbesondere auch unterschiedliche Arten von Umfeldsensoren, umfassen, wobei das Umfeldmodell insbesondere aus einer Fusion der jeweiligen Sensordaten erzeugt wird.

[0031] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass der Wertebereich für einen Kollisionswinkel zwischen einer Bewegungsrichtung des Rads und einer Kante der Struktur Winkel größer 5° umfasst. Für Kollisionswinkel innerhalb dieses Wertebereichs können Beschädigungen des Rades wie ein Verkratzen einer Felge oder eine Reifenflanke, vorteilhaft vermieden werden. Bevorzugt können auch kleine Winkelbereiche, beispielsweise Winkelbereich umfassend Winkel größer als 10° , größer als 20° , größer als 30° , größer als 40° größer als 45° und/oder größer als 50° , gewählt werden.

[0032] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass nach Ermittlung der Fahrtrajektorie wenigstens eine Anzeigeeinrichtung zur Darstellung einer die Fahrtrajektorie zumindest teilweise beschreibenden Fahrinformation und/oder wenigstens ein Aktor des Fahrzeugs zur Durchführung des Fahrmanövers angesteuert werden. Die Anzeigeeinrichtung dient

insbesondere zur grafischen Darstellung von Informationen an einen Fahrer des Fahrzeugs. Bei der Anzeigeeinrichtung kann es sich zum Beispiel um eine in einem Innenraum des Fahrzeugs angeordnete Anzeigevorrichtung oder eine fahrzeugexterne Anzeigevorrichtung handeln.

[0033] Eine in einem Innenraum des Fahrzeugs angeordnete Anzeigeeinrichtung kann zum Beispiel ein Displaypanel, ein Heads-up-Display oder Ähnliches sein. Eine fahrzeugexterne Anzeigeeinrichtung kann zum Beispiel ein Mobilgerät wie ein Smartphone oder Ähnliches sein.

[0034] Zusätzlich oder alternativ dazu kann auch wenigstens ein Aktor des Fahrzeugs, zum Beispiel ein Lenkaktor und/oder ein Antriebsaktor, in Abhängigkeit der ermittelten Fahrtrajektorie angesteuert werden, so dass das Fahrzeug die Fahrtrajektorie teilautomatisiert oder vollautomatisiert abfahren bzw. das Fahrmanöver ausführen kann.

[0035] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Steuereinrichtung, welche zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist.

[0036] Die Steuereinrichtung kann dabei mit wenigstens einen Umfeldsensor des Fahrzeugs kommunizieren und auch zur Ermittlung des Umfeldmodells eingerichtet sein. Alternativ kann die Steuereinrichtung das Umfeldmodell auch von einer anderen Recheneinheit empfangen. Auch die Radtrajektorie sowie ein gegebenenfalls verwendetes Radmodell können von der Steuereinrichtung selbst oder von einer weiteren Recheneinrichtung ermittelt und an die Steuereinrichtung übertragen werden. Die Steuereinrichtung kann weiterhin dazu ausgebildet bzw. eingerichtet sein, von einem Benutzer des Fahrzeugs eine das Fahrmanöver beschreibende Fahrmanöverinformation zu empfangen, beispielsweise unter Verwendung einer Benutzerschnittstelle.

[0037] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Fahrzeug, wobei das Fahrzeug eine erfindungsgemäße Steuereinrichtung umfasst.

[0038] Sämtliche vorangehend in Bezug zu dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Vorteile und Ausgestaltungen gelten entsprechend auch für die erfindungsgemäße Steuereinrichtung sowie für das erfindungsgemäße Fahrzeug und umgekehrt.

[0039] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Diese sind schematische Darstellungen und zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Fahrzeugs,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Fahrmanövers zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 3 eine Detailansicht einer als Radmodell verwendeten Projektion eines Rads, und

Fig. 4 eine Darstellung des Kollisionswinkels zwischen einem Rad und einer Struktur.

[0040] In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel eines Fahrzeugs 1 dargestellt. Das Fahrzeug 1 umfasst mehrere Umfoldsensoren 2, welche an verschiedenen Positionen entlang des Umfangs des Fahrzeugs 1 angeordnet sind. Die Umfoldsensoren 2 sind dabei jeweils als ein Ultraschallsensor 3, als eine Kamera 4 oder als ein Radarsensor 5 ausgeführt. Die gezeigten Positionen der Umfoldsensoren 2 sowie die dargestellte Anzahl der Umfoldsensoren 2 ist rein beispielhaft, neben den gezeigten Umfoldsensoren 2 können auch weitere Umfoldsensoren 2, andere und/oder zusätzliche Arten von Umfoldsensoren 2 sowie andersartig angeordnete Umfoldsensoren 2 im Fahrzeug 1 vorgesehen sein.

[0041] Die Umfoldsensoren 2 sind mit einer Steuereinrichtung 6 des Fahrzeugs 1 verbunden. Die Steuereinrichtung 6 ist dazu eingerichtet, eine Fahrtrajektorie für ein Fahrmanöver des Fahrzeugs 1 zu ermitteln, wobei die Fahrtrajektorie eine Bewegung des Fahrzeugs 1 zu einer Zielposition beschreibt und wobei zum Erreichen der Zielposition wenigstens eine überfahrbare Struktur, deren Höhe sich von einer Fahrbahnoberfläche unterscheidet, von wenigstens einem Rad 7 des Fahrzeugs 1 überfahren wird.

[0042] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Fahrzeug 1 als ein Personenkraftwagen (PKW) ausgeführt. Das Fahrzeug 1 umfasst vier Räder 7, wobei zwei der Räder 7 jeweils ein lenkbares Vorderrad 8 sind. Die weiteren Räder 7 bilden jeweils ein Hinterrad 9 des Fahrzeugs 1. Je nach Ausführung des Fahrzeugs 1 können die Hinterräder 9 ebenfalls lenkbar oder starr und somit nicht lenkbar sein.

[0043] Die Steuereinrichtung 6 ist dazu ausgebildet, ein Umfeldmodell des Fahrzeugs 1 aus von den Umfoldsensoren 2 übermittelten Sensordaten zu bilden. Dabei werden verschiedene Objekte und Strukturen im Umfeld des Fahrzeugs 1 erkannt und entsprechende Beschreibungen dieser Objekte und Strukturen in dem Umfeldmodell hinterlegt.

[0044] In **Fig. 2** ist schematisch eine Verkehrssituation dargestellt, welche zur Erläuterung des von der Steuereinrichtung 6 durchführbaren Verfahrens zur Ermittlung der Fahrtrajektorie für ein Fahrmanöver

dient. Als Fahrmanöver des Fahrzeugs 1 soll ein Einparkvorgang in eine, beispielsweise über die Umfoldsensoren 2 ermittelte, Zielposition 11 zwischen zwei Fremdfahrzeugen 12, 13 durchgeführt werden. Das Fahrzeug 1 führt dabei als Fahrmanöver also einen parallelen Einparkvorgang aus. Durch die Steuereinrichtung 6 wird dazu eine Fahrtrajektorie 10 ermittelt, über welche das Fahrzeug 1 in die Zielposition 11 bewegt werden kann. Zum Erreichen der Zielposition 11 muss dabei eine als gekrümmter Bordstein ausgebildete Struktur 14 von zwei Rädern 7 des Fahrzeugs 1, konkret dem rechten Vorderrad 8 sowie dem rechten Hinterrad 9, überfahren werden.

[0045] Dabei ist zu Beginn des Szenarios nicht unmittelbar ersichtlich, unter welchem Winkel das Vorderrad 8 und das Hinterrad 9 jeweils die Struktur 14 überfahren. Bei der Ermittlung der Fahrtrajektorie 10 können beispielsweise unterschiedliche Möglichkeiten der Fahrzeugbewegung und/oder Orientierung geprüft und/oder miteinander verglichen werden, um die gewünschte Fahrtrajektorie 10 zur Durchführung des Einparkvorgangs zu ermitteln. Ersichtlich können sich aufgrund der Krümmung der Struktur 14 bzw. des Verlaufs des gekrümmten Bordsteins je nach Position des Fahrzeugs 1 unterschiedliche Kollisionswinkel zwischen den einzelnen Rädern 7 und der Struktur ergeben.

[0046] Die Steuereinrichtung 6 ermittelt dabei die Fahrtrajektorie 10 derart, dass die Kollisionswinkel zwischen den Rädern 7, welche die Struktur 14 überfahren, innerhalb eines vorgegebenen Winkelbereichs, beispielsweise zwischen 5° und 90° bezogen auf einen Kollisionswinkel zwischen einer in einer Bewegungsrichtung des Rads 7 und einer Kante der Struktur 14, liegen.

[0047] Dazu wird von der Steuereinrichtung 6 für jedes der Räder 7 ein dem jeweiligen Rad 7 zugeordneter Kollisionswinkel mit der Struktur 14 aus einer dem jeweiligen Rad 7 zugeordneten Radtrajektorie 15, 16 sowie dem eine Beschreibung der Struktur enthaltenden Umfeldmodell bestimmt. Durch das Berücksichtigen der Radtrajektorie 15 für das rechte Vorderrad 8 sowie der Radtrajektorie 16 für das rechte Hinterrad 9 kann vorteilhaft berücksichtigt werden, dass sich die Räder 8, 9 insbesondere wegen dem gekrümmten Verlauf der Struktur 14 jeweils mit einem unterschiedlichen Winkel über die Struktur 14 bewegen.

[0048] Um eine genaue Ermittlung des Kollisionswinkels für jedes der Räder 7 zu ermöglichen, berücksichtigt die Steuereinrichtung 6 weiterhin den Lenkwinkel der jeweiligen Räder 8, 9. Im vorliegenden Beispiel kann das rechte Vorderrad 8, beispielsweise abhängig von einer vorausgehenden Position des Fahrzeugs 1 und/oder abhängig von einer möglichen Bewegung des Fahrzeugs 1 entlang eines im

Zuge der Ermittlung der Fahrtrajektorie 10 berücksichtigen Wegzugs, einen unterschiedlichen und/oder veränderlichen Lenkwinkel aufweisen. Das rechte Hinterrad 9 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel un gelenkt und weist somit eine konstante, unveränderliche Orientierung zum Fahrzeug 1 auf. Alternativ kann jedoch auch für das Hinterrad 9 ein Lenkwinkel berücksichtigt werden, beispielsweise wenn das Fahrzeug 1 eine lenkbare Rückachse bzw. eine Hinterradlenkung aufweist.

[0049] Weiterhin berücksichtigt die Steuereinrichtung 6 für die Räder 8, 9 jeweils ein Radmodell, welches die Geometrie des jeweiligen Rades 8, 9 beschreibt. Wie in **Fig. 3** in einer Seitenansicht eines der Räder 8, 9 und der Struktur 14 dargestellt ist, kann das Radmodell beispielsweise eine Projektion 17 des Rads 8, 9 umfassen, wobei die Projektion 17 der Höhe h einer Oberfläche 23 der Struktur 14 gegenüber einer Fahrbahnoberfläche 18 zugeordnet ist. Mithilfe der Projektion 17 kann der Kollisionswinkel präzise und insbesondere über die gesamte, in **Fig. 3** senkrecht zur Zeichenebene verlaufende Breite des jeweiligen Rads 8, 9 in Fahrzeugquerrichtung ermittelt werden.

[0050] Das Radmodell kann dabei derartige Projektionen 17 für unterschiedliche Höhen h der Struktur 14 und/oder für unterschiedliche Höhenklassen von Strukturen 14 umfassen. Weiterhin kann das Radmodell auch eine weitere Projektion des wenigstens einen Rads 8, 9 auf eine Fahrbahnoberfläche 18 beinhalten. Das Radmodell kann zum Beispiel ein 2,5-dimensionales Modell sein und dabei bevorzugt verschiedene, unterschiedlichen Höhen einer zu überfahrenden Struktur 14 zugeordnete Projektionen beinhalten. Es ist auch möglich, dass ein dreidimensionales Radmodell verwendet wird und/oder dass die für die Ermittlung des Kollisionswinkels ermittelte Projektion als Radmodell aus einer dreidimensionalen Beschreibung des Rads 8, 9 abgeleitet und/oder berechnet wird. In **Fig. 4** ist schematisch eine Aufsicht auf die in **Fig. 3** gezeigte Szene dargestellt. Die Projektion 17 des Rads 8, 9 kann zum Beispiel als ein Polygon und/oder als ein Ellipsoid beschrieben werden, wobei vorliegend beispielhaft eine rechteckige Form der Projektion 17 dargestellt ist. Neben der zum Beispiel für alle Strukturhöhen h gleichen Radbreite kann somit auch die Ausdehnung des jeweiligen Rades 8, 9 in Fahrzeuginnenrichtung in einer der Strukturhöhe h entsprechenden Höhe berücksichtigt werden.

[0051] Die Höhe h der Struktur 14 wird dabei dem Umfeldmodell entnommen, in dem beispielsweise der Struktur 14 bereits eine Höhe oder eine Höhenklasse zugeordnet ist. Für den zu überfahrenden Bordstein wird dabei beispielsweise die jeweilige Ausdehnung der Räder in einer dem Bordstein entsprechenden Höhe von 15 cm berücksichtigt, so

dass für das Überfahren des Bordsteins der korrekte Kollisionswinkel ermittelt werden kann. Weiterhin kann dadurch bei der Ermittlung der Fahrtrajektorie auch ein unbeabsichtigtes Berühren der Struktur 14 mit einer Radaußenseite oder einer Radinnenseite der Räder 8, 9 vermieden werden, ohne dass dafür feste oder lenkwinkelabhängige Mindestabstände zwischen den Rädern 8, 9 und der Struktur 14 eingehalten werden müssen.

[0052] Die Struktur 14 kann innerhalb des Umfeldmodells zum Beispiel als ein Polygonzug, als ein Spline und/oder als eine geometrische Figur, beispielsweise als Gerade oder als Kreisbogen, beschrieben sein, so dass für unterschiedliche, im Rahmen der Ermittlung der Fahrtrajektorie 10 zu überprüfende oder auszuwertende Trajektoriensegmente und/oder Bewegungsschritte mit vergleichsweise geringem Rechenaufwand der Kollisionswinkel der einzelnen Räder 8, 9 ermittelt werden kann. Mit anderen Worten wird es durch das explizite Modellieren der Räder 7 über das jeweilige Radmodell und die jeweilige Radtrajektorie 15, 16 erlaubt, bei der Planung des Fahrmanövers bzw. der dazugehörigen Fahrtrajektorie 10, den Kollisions- bzw. Auftreffwinkel zu ermitteln, der bei einer Überprüfung der Validität des Fahrmanövers notwendig ist.

[0053] Der Kollisionswinkel 19, welcher in **Fig. 4** zwischen der Bewegungsrichtung 20 des Rades 8, 9 und einer Kante 21 der Struktur 14 eingezeichnet ist, kann dabei für die Ermittlung der Fahrtrajektorie 10 für jedes die Struktur 14 überfahrende Rad 7 auf einen vorgegebenen Wertebereich beschränkt werden. Der Wertebereich kann zum Beispiel Winkel größer 5° umfassen. Alternativ sind auch andere Grenzen für den Winkelbereich möglich. Die Bewegungsrichtung 20 steht senkrecht auf einer Kante 22 des Rades 8, 9, wobei die Kante 22 unter dem Kollisionswinkel 19 in Kontakt mit der Kante 21 der Struktur 14 gelangt.

[0054] Sollte also ein Kollisionswinkel 19 zwischen einem der Räder 7 und der Aufttrittskante 21 an der Struktur 14 während des Planungsvorgangs zur Ermittlung der Fahrtrajektorie das Risiko mit sich bringen, beispielsweise den Reifen und/oder die Felge des jeweiligen Rades 7 zu beschädigen, versucht das durch die Steuereinrichtung 6 umgesetzte bzw. ausgeführte Planungsprogramm dies mit einem alternativen Manöver bzw. durch Ermittlung einer alternativen Trajektorie zu verhindern. Auf diese Weise kann die Fahrtrajektorie 10 unter Einhaltung der Winkelbereiche ermittelt werden. Weiterhin kann die Fahrtrajektorie 10 auch hinsichtlich weiterer Parameter optimiert werden, beispielsweise kann auch die Anzahl der Überfahrten über die Struktur 14, also beispielsweise das Auffahren und/oder Abfahren auf den Bordstein, minimiert werden.

[0055] Neben einem Bordstein kann es sich bei der Struktur 14 auch um eine andere Art von Struktur handeln, deren Höhe sich von der Fahrhahnoberfläche 18 unterscheidet. Die Struktur 14 kann beispielsweise auch eine Bodenschwelle, eine Rinne, ein Schlagloch, eine Fahrhahnwölbung oder eine vergleichbare Struktur sein. Insbesondere können als überfahrbare Struktur 14 Strukturen mit einer Höhe zwischen 3 cm und 25 cm betrachtet werden, da diese grundsätzlich zwar bei langsamen Geschwindigkeiten durch das Fahrzeug 1 überfahren werden können, bei ungünstigen Kollisionswinkeln jedoch die Gefahr einer Beschädigung des Rads 7 bzw. der Räder 7 besteht.

[0056] Neben der vorangehend dargestellten Ausführungen des Fahrzeugs 1 als PKW kann es sich auch um eine andere Art von Fahrzeug handeln. Das Fahrzeug kann auch ein Gespann aus einem Zugfahrzeug und einem Anhänger sein, wobei die kollisionswinkelabhängige Ermittlung der Fahrtrajektorie 10 sowohl unter Berücksichtigung der Radtrajektorien des Zugfahrzeugs als auch des Anhängers erfolgen kann.

[0057] Neben dem dargestellten Einparkvorgang können auch Fahrtrajektorien für andere Fahrmanöver ermittelt werden, welche beispielsweise einen entsprechenden Ausparkvorgang beschreiben. Das Verfahren ist dabei für Längs-, Schräg- und Querparklücken gleichermaßen geeignet.

[0058] Es ist möglich, dass freie Parkplätze, welche als Zielposition 11 verwendet werden, zum Beispiel über die Umfeldsensoren 2 und/oder über die Steuereinrichtung 6 ermittelt werden. Auch Fahrtrajektorien 10 für Wendemanöver, Rückfahrmanöver, einem Fahrmanöver mit einem Anhänger über eine Schwelle oder Ähnliches können entsprechend unter Berücksichtigung des Kollisionswinkels zwischen einem oder mehreren Rädern 7 und der Struktur 14 wie vorangehen beschrieben erfolgen.

[0059] Nach der Ermittlung der Fahrtrajektorie 10 kann zum Beispiel wenigstens eine Anzeigeeinrichtung (nicht dargestellt) des Fahrzeugs 1 zur Darstellung einer die Fahrtrajektorie 10 zumindest teilweise beschreibenden Fahrinformation angesteuert werden. Die Anzeigeeinrichtung dient dabei insbesondere zur grafischen Darstellung von Informationen an einen Fahrer des Fahrzeugs 1. Bei der Anzeigeeinrichtung kann es sich zum Beispiel um eine in einem Innenraum des Fahrzeugs angeordnete Anzeigevorrichtung oder eine fahrzeugexterne Anzeigevorrichtung handeln.

[0060] Zusätzlich oder alternativ dazu kann auch wenigstens ein Akteur (nicht dargestellt) des Fahrzeugs 1, zum Beispiel ein Lenkakteur und/oder ein Antriebsakteur, zur Durchführung des Fahrmanövers

angesteuert werden, also in Abhängigkeit der ermittelten Fahrtrajektorie 10 derart angesteuert werden, dass das Fahrzeug 1 teilautomatisiert oder vollautomatisiert die Fahrtrajektorie 10 abfahren bzw. das Fahrmanöver ausführen kann.

Bezugszeichenliste

1	Fahrzeug
2	Umfeldsensor
3	Ultraschallsensor
4	Kamera
5	Radarsensor
6	Steuereinrichtung
7	Rad
8	Vorderrad
9	Hinterrad
10	Fahrtrajektorie
11	Zielposition
12	Fremdfahrzeug
13	Fremdfahrzeug
14	Struktur
15	Radtrajektorie
16	Radtrajektorie
17	Projektion
18	Fahrhahnoberfläche
19	Kollisionswinkel
20	Bewegungsrichtung
21	Kante
22	Kante
23	Oberfläche

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102013221355 A1 [0004]
- DE 102015201038 A1 [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer Fahrtrajektorie (10) für ein Fahrmanöver eines Fahrzeugs (1), wobei die Fahrtrajektorie (10) eine Bewegung des Fahrzeugs (1) zu einer Zielposition (11) beschreibt und wobei zum Erreichen der Zielposition (11) wenigstens eine überfahrbare Struktur (14), deren Höhe (h) sich von einer Fahrbahnoberfläche (18) unterscheidet, von wenigstens einem Rad (7, 8, 9) des Fahrzeugs (1) überfahren wird, wobei für das wenigstens eine Rad (7, 8, 9) ein dem Rad (7, 8, 9) zugeordneter Kollisionswinkel (19) des Rades (7, 8, 9) mit der Struktur (14) aus einer dem wenigstens einen Rad (7, 8, 9) zugeordneten Radtrajektorie (10) sowie einem wenigstens die Struktur (14) beschreibenden Umfeldmodell bestimmt wird und die Fahrtrajektorie (10) derart ermittelt wird, dass der Kollisionswinkel (19) bei dem Fahrmanöver innerhalb eines vorgegebenen Winkelbereichs liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kollisionswinkel (19) zusätzlich in Abhängigkeit von einem die Geometrie des Rads (7, 8, 9) zumindest teilweise beschreibenden, wenigstens zweidimensionalen Radmodell ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Radmodell eine Projektion (17) des wenigstens einen Rades (7, 8, 9) auf die Fahrbahnoberfläche (18) und/oder wenigstens eine der Höhe (h) einer Oberfläche (23) der Struktur (14) zugeordnete Projektion (17) des wenigstens einen Rads (7, 8, 9) umfasst, wobei der Kollisionswinkel (19) mithilfe der Projektion (17) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine als ein Polygon und/oder als ein Ellipsoid beschriebene Projektion (17) verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Umfeldmodell als überfahrbare Struktur (14) eine Struktur (14) mit einer Oberfläche (23) oberhalb oder unterhalb der Fahrbahnoberfläche (18), insbesondere ein Bordstein, eine Bodenschwelle, eine Rinne, ein Schlagloch, oder eine Fahrbahnwölbung, beschrieben wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Umfeldmodell verwendet wird, in dem der Struktur (14) eine Höhe (h) oder eine Höhenklasse zugeordnet ist und/oder in dem die Struktur (14) als ein Polygonzug, als ein Spline und/oder als eine geometrische Figur beschrieben ist.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jedes Rad (7, 8, 9) des Fahrzeugs (1) jeweils eine Radtrajektorie (15, 16) in Abhängigkeit eines dem Rad (7, 8, 9) zugeordneten Lenkwinkels des Rads (7, 8, 9) ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fahrmanöver ein Einparkvorgang, ein Ausparkvorgang, ein Wendemanöver oder ein Rückfahrmanöver ist.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fahrzeug (1) wenigstens einen Umfeldsensor (2) umfasst, wobei das Umfeldmodell aus Sensordaten des wenigstens einen Umfeldsensors (2) erstellt wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wertebereich für einen Kollisionswinkel (19) zwischen einer Bewegungsrichtung des Rads (7, 8, 9) und einer Kante (21) der Struktur (14) Winkel größer als 5° umfasst.

11. Steuereinrichtung eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche.

12. Fahrzeug umfassend eine Steuereinrichtung (6) nach Anspruch 11.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

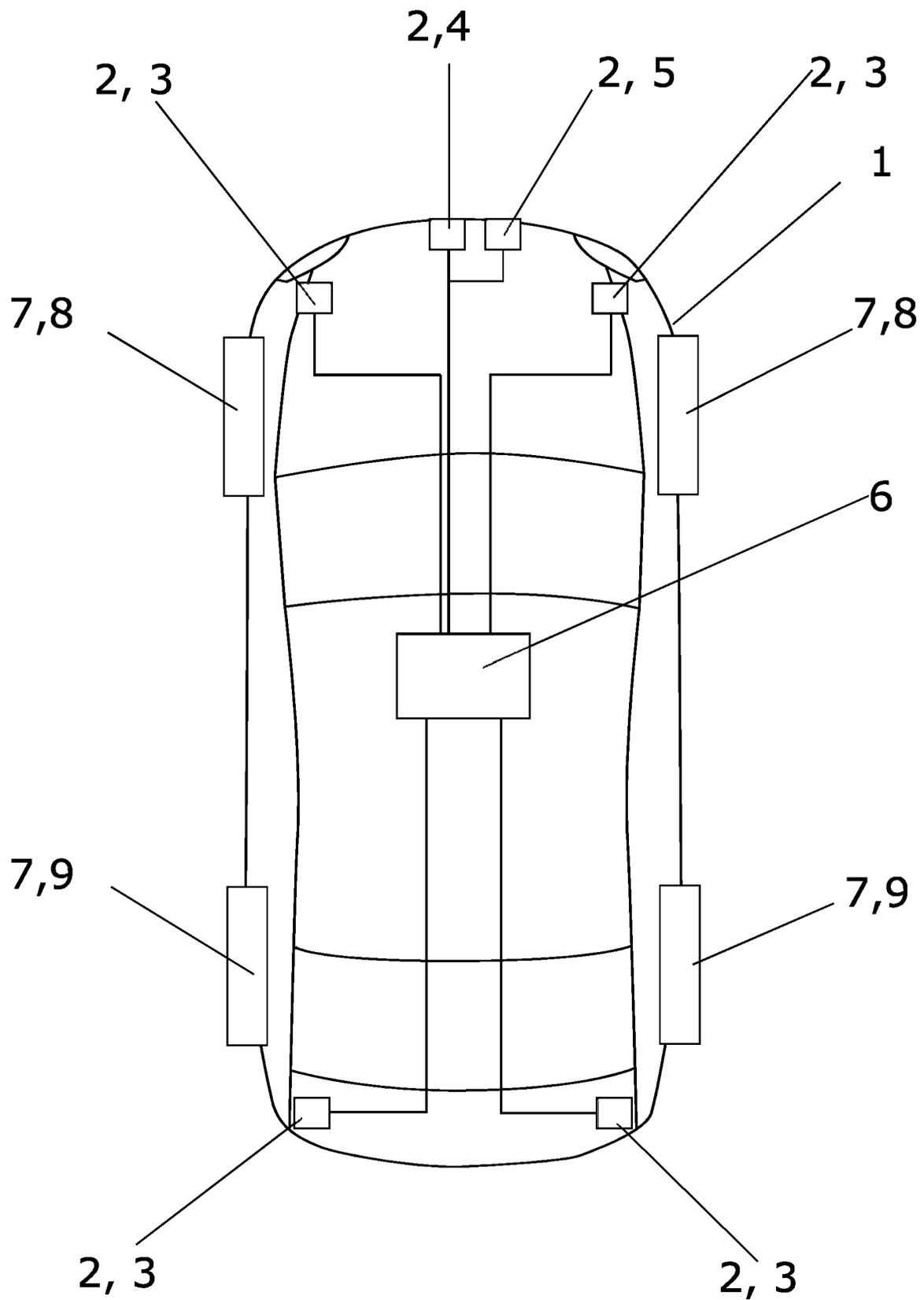


Fig. 1

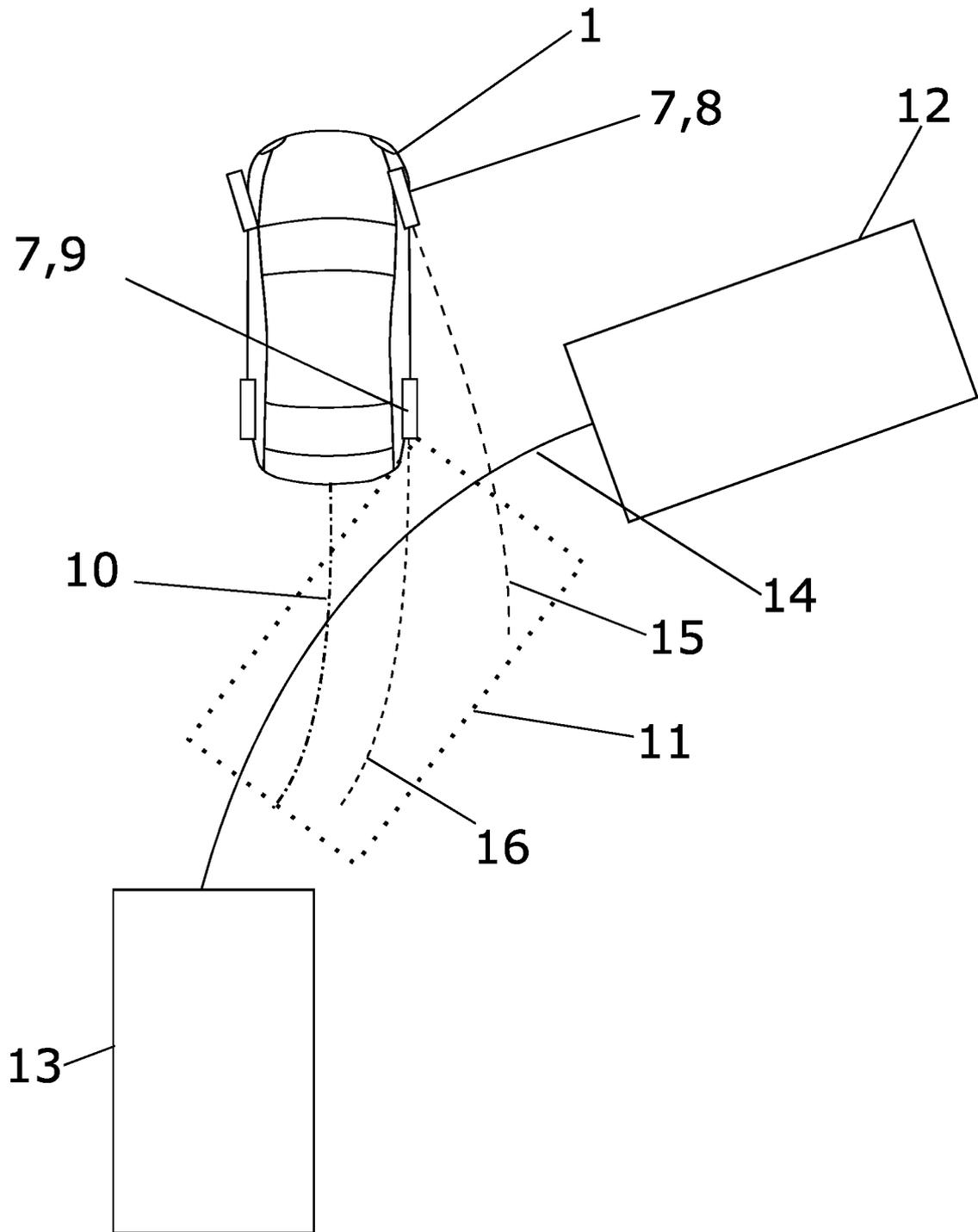


Fig. 2

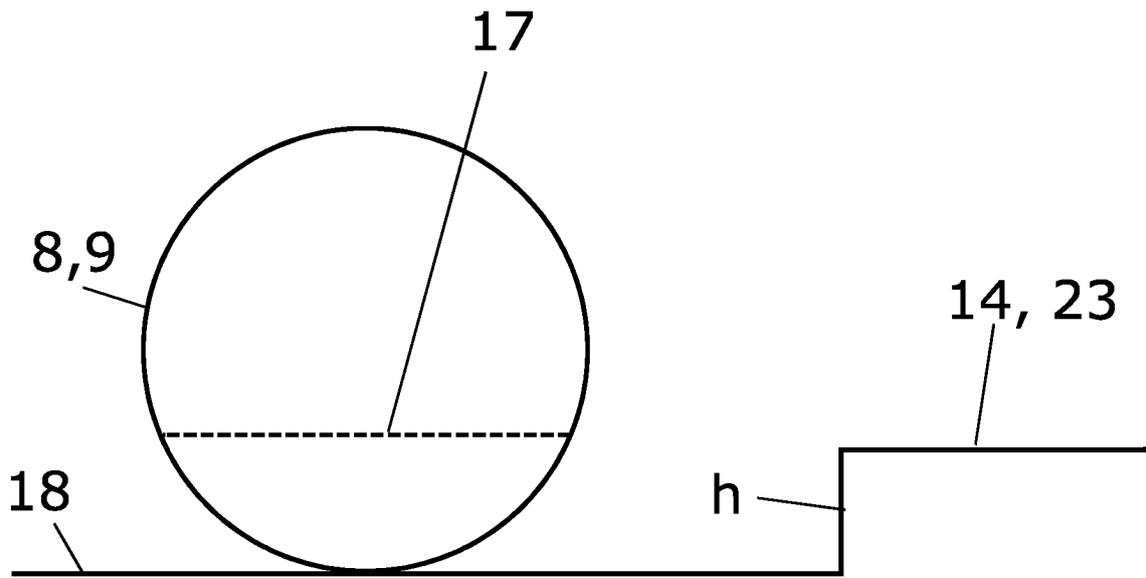


Fig. 3

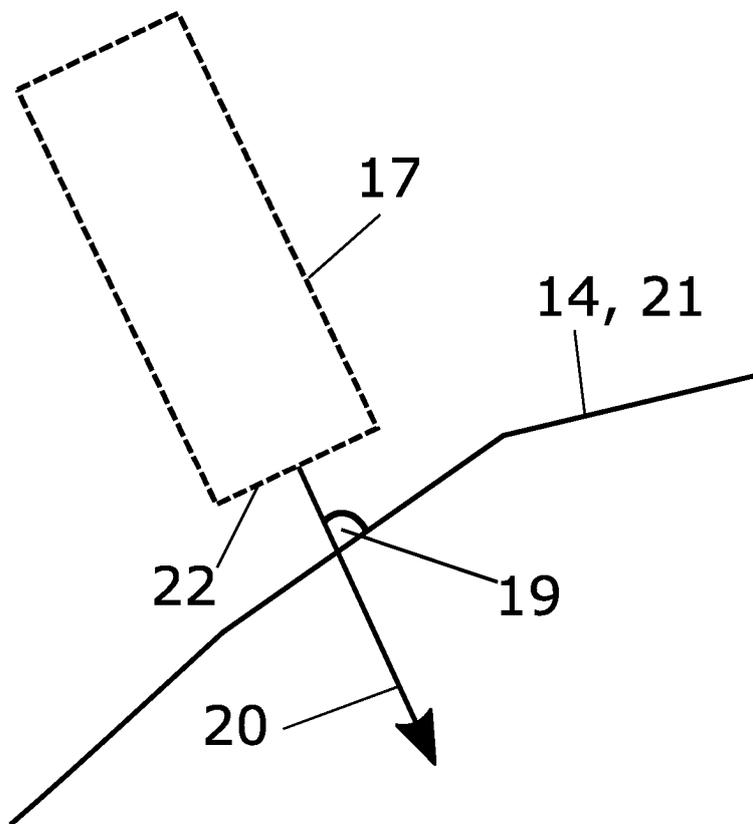


Fig. 4