

(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
01. August 2019 (01.08.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/145200 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60W 30/09 (2012.01) G05D 1/02 (2006.01)
B60W 30/095 (2012.01) G01C 21/34 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/051035

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Januar 2019 (16.01.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 101 515.1
24. Januar 2018 (24.01.2018) DE

(71) Anmelder: VALEO SCHALTER UND SENSOREN
GMBH [DE/DE]; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(72) Erfinder: FUCHS, Fabian; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). LANGER, Cedric; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (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, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) Title: METHOD FOR GENERATING A DRIVING STRATEGY OF A VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINER FAHRSTRATEGIE EINES FAHRZEUGS

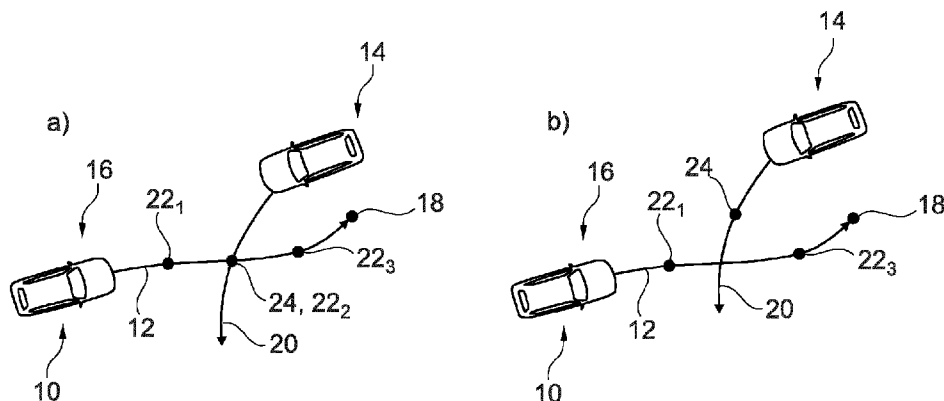


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for creating a driving strategy of a vehicle (10), comprising the method steps: a) defining at least one destination, which is spaced apart from a current position; b) carrying out an observation of surroundings by at least one sensor of the vehicle (10), wherein the surroundings are examined for vehicles (14) as potential collision objects on at least one route from the current position to the destination; and c) creating a driving strategy for reaching the at least one destination, starting from the current position (16), using a graph search by means of a graph search algorithm, wherein, using the graph search algorithm to create the driving strategy, in one step, a driving trajectory (26) and a velocity profile are created such that an increasing, reducing or maintaining of a currently applied velocity and a maintaining of the travel direction, a steering movement to the left in the direction of travel and a steering movement to the right in the direction of travel are taken into equal consideration.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs (10), aufweisend die Verfahrensschritte: a) Festlegen wenigstens eines Zielpunkts, der von einer Ist-Position beabstandet ist; b) Durchführen einer Umfeldbeobachtung durch wenigstens einen Sensor des Fahrzeugs (10), wobei das Umfeld auf Fahrzeuge (14) als potentielle Kollisionsobjekte auf wenigstens einem Weg von der Ist-Position zu dem Zielpunkt untersucht wird; und c) Erstellen einer Fahrstrategie zum Erreichen des wenigstens einen Zielpunkts startend von der Ist-Position (16), unter Verwendung einer Graphsuche mittels eines Graphsuchalgorithmus, wobei unter Verwendung des Graphsuchalgorithmus zum Erstellen der Fahrstrategie in einem Schritt eine Fahrtrajektorie (26) und ein Geschwindigkeitsprofil derart erstellt wird, dass gleichermaßen ein Vergrößern, Verkleinern oder Beibe-

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)

halten einer aktuell anliegenden Geschwindigkeit und ein Beibehalten der Fahrtrichtung, ein Lenkeinschlag in Fahrtrichtung nach links und ein Lenkeinschlag in der Fahrtrichtung nach rechts in Betracht gezogen werden.

Verfahren zum Erzeugen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren, bei welchem eine Fahrstrategie basierend auf einer möglichen oder zwingenden Kollision erstellt wird. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Fahrerunterstützungssystem, das zum Durchführen eines derartigen Verfahrens ausgebildet ist. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Fahrzeug, das mit einem derartigen Fahrerunterstützungssystem ausgestattet ist.

Vorliegend richtet sich das Interesse auf Fahrerunterstützungssysteme beziehungsweise auf durch diese durchführbare Verfahren und dabei insbesondere auf solche, die dazu dienen, eine Kollision mit anderen Fahrzeugen zu verhindern.

DE 10 2011 109 697 A1 beschreibt ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs und ein Fahrerassistenzsystem zum Durchführen eines derartigen Verfahrens. Insbesondere beschreibt dieses Dokument ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeuges, bei dem ermittelt wird, ob während einer Fahrt des Kraftfahrzeuges ein Abbiegevorgang eingeleitet wird und dabei eine Gefahr einer Kollision mit einem entgegenkommenden Verkehrsteilnehmer besteht. Im Falle einer ermittelten Kollisionsgefahr wird ein automatischer Bremsengriff ausgelöst. Dabei werden eine Geschwindigkeitsdifferenz und eine maximale Bremszeitdauer vorgegeben und der automatische Bremsengriff wird abgebrochen, wenn sich die Fahrgeschwindigkeit des Kraftfahrzeuges während des automatischen Bremsengriffs um die Geschwindigkeitsdifferenz reduziert hat oder, andernfalls, wenn die Dauer des automatischen Bremsengriffs die vorgegebene maximale Bremszeitdauer erreicht.

DE 10 2007 015 032 A1 beschreibt ein Verfahren zur Bewertung der Kritikalität einer Verkehrssituation, bei dem anhand von Umgebungsdaten, die von einem eigenen Fahrzeug aus erfasst werden, ein sich auf einem kreuzenden Kollisionskurs zum eigenen Fahrzeug befindliches Objekt identifiziert und eine auf dem Kollisionskurs liegende Kollisionszone ermittelt werden, und bei dem basierend auf einem erfassten aktuellen Bewegungszustand des eigenen Fahrzeugs und des Objekts ein

Überlappungszeitraum als Zeitbereich prädiziert wird, in dem sich das eigene Fahrzeug und das Objekt gleichzeitig in der Kollisionszone befinden werden, wobei für das eigene Fahrzeug und/oder das Objekt mehrere mögliche Beschleunigungswerte einer Fahrzeugbeschleunigung oder Fahrzeugverzögerung bzw. einer Objektbeschleunigung oder Objektverzögerung als Parameter vorgegeben werden, dass für jedes Beschleunigungswertepaar der als Parameter vorgegebenen Beschleunigungswerte ein zugehöriger Überlappungszeitraum prädiziert wird, und dass sämtliche prädizierte Überlappungszeiträume der Bewertung der Kritikalität zugrunde gelegt werden. Beschrieben ist auch ein Eingriff in ein Lenksystem des eigenen Fahrzeugs, um dieses auf einen die Kollisionszone umfahrenden Kurs zu bringen. Dieser Eingriff ist jedoch ein bloßes Ausweichen ohne dabei die weiteren Wegpunkte der initialen Trajektorie zu beachten.

Ferner ist es aus einem Tagungsbeitrag von C. Hubmann et al., mit dem Titel „*A Generic Driving Strategy for Urban Environments*“, 2016 IEEE, 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2016), bekannt, dass eine analytische Kalkulation von nicht-verhinderbaren Kollisionszuständen für eine Suche eines Fahrverhaltens in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten mittels eines A*-Algorithmus verarbeitet wird.

Derartige aus dem Stand der Technik bekannte Lösungen können jedoch noch weiteres Verbesserungspotential bieten, insbesondere hinsichtlich der Erzeugung einer Fahrstrategie.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zumindest teilweise zu überwinden. Es ist insbesondere die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, durch welche auf effektive Weise eine Unterstützung eines Fahrers und/oder ein semiautonomes Fahren und/oder ein vollautonomes Fahren ermöglicht werden kann im Hinblick auf eine Verbesserung einer Kollisionsverhinderung.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß ferner durch ein Fahrunterstützungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 13 und durch ein Fahrzeug mit den Merkmalen des Anspruch 15. Bevorzugte Ausgestaltungen der

Erfindung sind in den Unteransprüchen, in der Beschreibung oder den Figuren beschrieben, wobei weitere in den Unteransprüchen oder in der Beschreibung oder den Figuren beschriebene oder gezeigte Merkmale einzeln oder in einer beliebigen Kombination einen Gegenstand der Erfindung darstellen können, wenn sich aus dem Kontext nicht eindeutig das Gegenteil ergibt.

Es wird vorgeschlagen ein Verfahren zum Erstellen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs, aufweisend die Verfahrensschritte:

- a) Festlegen wenigstens eines Zielpunkts, der von einer Ist-Position beabstandet ist;
- b) Durchführen einer Umfeldbeobachtung durch wenigstens einen Sensor des Fahrzeugs, wobei das Umfeld auf Fahrzeuge als potentielle Kollisionsobjekte auf wenigstens einem Weg von der Ist-Position zu dem Zielpunkt untersucht wird; und
- c) Erstellen einer Fahrstrategie zum Erreichen des wenigstens einen Zielpunkts startend von der Ist-Position, unter Verwendung einer Graphsuche mittels eines Graphsuchalgorithmus, wobei unter Verwendung des Graphsuchalgorithmus zum Erstellen der Fahrstrategie in einem Schritt eine Fahrtrajektorie und ein Geschwindigkeitsprofil derart erstellt wird, dass gleichermaßen ein Vergrößern, Verkleinern oder Beibehalten einer aktuell anliegenden Geschwindigkeit und ein Beibehalten der Fahrtrichtung, ein Lenkeinschlag in Fahrtrichtung nach links und ein Lenkeinschlag in der Fahrtrichtung nach rechts in Betracht gezogen werden.

Insbesondere durch ein vorstehend beschriebenes Verfahren kann auf besonders effektive, anpassbare und komfortable Weise eine Kollision mit einem Kollisionsobjekt verhindert werden.

Die vorliegende Erfindung betrifft somit ein Verfahren zum Erzeugen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs und dabei insbesondere auf einem Weg von einer Ist-Position zu einer Zielposition, wobei die Ist-Position von der Zielposition beabstandet ist.

Unter einer Ist-Position ist insbesondere ein räumlicher Punkt zu verstehen, an dem sich das Fahrzeug zu einem gegebenen Zeitpunkt befindet, etwa an dem die genannten Schritte zumindest teilweise initiiert werden, wohingegen der Zielpunkt etwa ein

räumlicher Punkt sein kann, der das Ziel beziehungsweise der Endpunkt einer Fahrt sein kann, wie beispielsweise der in ein Navigationssystem eingegebene Zielpunkt, oder auch ein wählbarer Wegpunkt auf der Strecke zum Endpunkt.

Das vorbeschriebene Verfahren ist insbesondere ausführbar durch ein Fahrerunterstützungssystem, so dass es durch das Verfahren möglich ist, einem Fahrer des Fahrzeugs Fahrhinweise zu geben, ein semi-autonomes Fahren durchzuführen oder das Fahrzeug vollautonom zu fahren.

Das beschriebene Verfahren umfasst die Verfahrensschritte, wie diese nachfolgend beschrieben sind. Dabei können die einzelnen Schritte beziehungsweise Verfahrensschritte grundsätzlich in der beschriebenen Reihenfolge, zumindest teilweise zeitgleich oder auch in einer abweichenden Reihenfolge durchgeführt werden, wenn dies nicht explizit oder dem Zusammenhang folgend ausgeschlossen ist.

Gemäß Verfahrensschritt a) umfasst das Verfahren das Festlegen wenigstens eines Zielpunkts, der von einer Ist-Position beabstandet ist. Dieser Schritt kann in grundsätzlich bekannter Weise erfolgen, etwa indem der Zielpunkt ein Endpunkt einer Fahrt ist und in ein Navigationssystem eingegeben wird und von diesem an das Fahrerunterstützungssystem weitergegeben wird. Ferner kann der Zielpunkt ein von dem Fahrerunterstützungssystem wählbarer Wegpunkt sein, der sich in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug befindet und etwa an einem weiteren Reisepunkt der Straße liegt, auf einem Weg zu einem Endpunkt und/oder weiteres.

Gemäß Verfahrensschritt b) umfasst das Verfahren weiterhin das Durchführen einer Umfeldbeobachtung durch wenigstens einen Sensor des Fahrzeugs, wobei das Umfeld auf Fahrzeuge als potentielle Kollisionsobjekte auf wenigstens einem Weg von der Ist-Position zu dem Zielpunkt untersucht wird. Insbesondere können die Fahrzeuge dann als Kollisionsobjekte eingestuft werden, wenn es möglich oder sicher ist, dass sich die Fahrzeuge zumindest zeitweise auf einer möglichen Fahrtrajektorie zu dem Zielpunkt befinden können. Somit erfolgt in diesem Verfahrensschritt ein Bestimmen, ob sich in dem Umfeld des Fahrzeugs weitere Fahrzeuge befinden und dabei insbesondere auf einer Position, die einem möglichen, oder, wie dies nachstehend beschrieben ist, optional vorbestimmten, Weg als Kollisionsobjekte befinden, also als Objekte, die potentiell eine Kollisionsgefährdung für das eigene Fahrzeug darstellen können.

Gemäß Verfahrensschritt c) umfasst das Verfahren ferner das Erstellen einer Fahrstrategie zum Erreichen des wenigstens einen Zielpunkts startend von der Ist-Position, unter Verwendung einer Graphsuche mittels eines Graphsuchalgorithmus, wobei unter Verwendung des Graphsuchalgorithmus zum Erstellen der Fahrstrategie in einem Schritt eine Fahrtrajektorie und ein Geschwindigkeitsprofil derart erstellt wird, dass gleichermaßen ein Vergrößern, Verkleinern oder Beibehalten einer aktuell anliegenden Geschwindigkeit und ein Beibehalten der Fahrtrichtung, ein Lenkeinschlag in Fahrtrichtung nach links und ein Lenkeinschlag in der Fahrtrichtung nach rechts in Betracht gezogen werden.

Die Fahrstrategie umfasst dabei wie anderweitig im Detail beschrieben eine Fahrtrajektorie, also einen abzufahrenden Weg, und ferner ein Geschwindigkeitsprofil, wobei der Zielpunkt startend von der Ist-Position durch die Fahrstrategie angefahren wird.

Dabei wird zur Ermittlung der Fahrstrategie eine Graphsuche mittels eines Graphsuchalgorithmus verwendet. Unter einer Graphsuche beziehungsweise unter einem Graphsuchalgorithmus ist dabei in für den Fachmann auf diesem Gebiet an sich bekannter Weise ein Algorithmus zu verstehen, der ausgehend von wenigstens einer Startposition versucht, über eine Graphstruktur wenigstens eine Zielposition zu erreichen. Hierbei kann die Graphstruktur vorab berechnet werden oder, wie es vorteilhaft in dem vorliegenden Verfahren der Fall sein kann, nur implizit genutzt werden. Letzteres kann insbesondere bedeuten, dass der Graph nicht berechnet wird, sondern von einer erreichten Position, beziehungsweise der Ist-Position, die Positionen ermittelt werden, die bei einer diskreten Menge an Aktionen, wie dies nachstehend beschrieben ist, erreicht werden können. Dabei sind in dem hier beschriebenen Verfahren beispielsweise Positionen die Knoten, die durch die durch fahrbare Pfade erreicht werden können, wobei die fahrbaren Pfade Kanten entsprechen. Grundsätzlich kann dabei jeder Graphsuchalgorithmus verwendet werden.

Gemäß Verfahrensschritt c) ist es vorgesehen, dass für das Ermitteln der Fahrstrategie in einem Schritt eine Fahrtrajektorie und ein Geschwindigkeitsprofil derart erstellt wird, dass gleichermaßen ein Vergrößern, Verkleinern oder Beibehalten einer aktuell anliegenden Geschwindigkeit und ein Beibehalten der Fahrtrichtung, ein Lenkeinschlag in Fahrtrichtung nach links und ein Lenkeinschlag in der Fahrtrichtung nach rechts in Be-

tracht gezogen werden. Somit wird nicht erst, wie im Stand der Technik bekannt, zunächst eine Fahrtrajektorie ermittelt, basierend auf welcher anschließend eine Geschwindigkeit gewählt wird, sondern die Fahrtrajektorie kann in einem Schritt mit einem zu wählenden Geschwindigkeitsprofil ermittelt werden.

Bezüglich der vorgenannten Aktionen, welche bei der Graphsuche verwendet werden, sind daher gleichermaßen ein Vergrößern, Verkleinern oder Beibehalten einer aktuell anliegenden Geschwindigkeit und ein Beibehalten der Fahrtrichtung, ein Lenkeinschlag in Fahrtrichtung nach links und ein Lenkeinschlag in der Fahrtrichtung nach rechts zu verwenden. Dem Vorstehend folgend kann in Abhängigkeit der ermittelten Fahrstrategie eine oder eine geeignete Kombination der vorstehenden Aktionen ausführbar sein kann.

Durch das vorbeschriebene Verfahren wird es ermöglicht, dass eine Kollision mit einem Fahrzeug als Kollisionsobjekt besonders sicher verhindert werden kann.

Denn dadurch, dass gemäß Verfahrensschritt c) unter Verwendung des Graphsuchalgorithmus zum Erstellen der Fahrstrategie in einem Schritt eine Fahrtrajektorie und ein Geschwindigkeitsprofil erstellt wird, wird nicht nur, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist, basierend auf einer ermittelten Fahrtrajektorie die Geschwindigkeit angepasst, etwa durch ein Beschleunigen oder durch ein Abbremsen, sondern die Fahrstrategie kann vollständig neu geplant werden.

Dadurch können durch eine gleichzeitige Ermittlung von Fahrtrajektorie und Geschwindigkeitsprofil deutlich mehr Freiheitsgrade der Planung der Fahrstrategie möglich werden, was eine weitere Fahrt hinsichtlich vieler Faktoren, wie etwa Zeit oder Kosten, von Vorteil sein kann.

Dadurch ist eine signifikante Steigerung der Variabilität gegeben, um die geplanten Fahrstrategie an wählbare Parameter anzupassen und dadurch an gegebenenfalls vorliegende Vorgaben anzupassen.

Das Verfahren kann dabei basieren auf Umgebungsdaten, die durch einen oder mehrere entsprechende Umfeldbeobachtungssensoren oder auch durch Daten des Navigationssystems bereitgestellt werden. Somit kann effektiv eine Möglichkeit bestimmt werden, entlang welchen Wegs das Fahrzeug bewegt werden soll, um von dem Ist-Punkt zu

dem Zielpunkt zu gelangen. Dabei können parallel mehrere Wege werden ermittelt beziehungsweise untersucht.

Es kann vorgesehen sein, dass die Fahrstrategie zum Erreichen der Endposition über mehrere Schritte erstellt wird, indem verschiedene Wegpunkte als Zielposition nacheinander angefahren werden beziehungsweise die Fahrstrategie sukzessive über mehrere Wegpunkte erstellt wird. Entsprechend kann die Fahrtrajektorie mit einem definierten Geschwindigkeitsprofil abgefahren werden. Ferner kann stets erneut ermittelt werden, ob eine kollisionsfreie Fahrt möglich ist, indem etwa das Verfahren stets erneut nacheinander durchgeführt wird.

Diesbezüglich kann es möglich sein, dass hierzu beispielsweise Navigationsdaten eines Navigationssystems herangezogen werden können oder Daten von Fahrzeugsensoren beziehungsweise Umfeldsensoren zur Bestimmung der eigenen Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeugbeschleunigung, Fahrzeugverzögerungen, von Lenkradwinkel und/oder Gierrate. Darüber hinaus können mittels des Umgebungssensors und/oder der weiteren Fahrzeugsensoren und/oder mittels einer so genannten Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationseinheit als Umgebungsdaten und Objektkennwerte des sich annähernden Objektes, wie z.B. Lage des Objektes zum eigenen Fahrzeug, Objektgeschwindigkeit, Objektbeschleunigung, Objektverzögerung oder Objektabmessungen, ermittelt und für eine Kollisionsabschätzung mit Fahrzeugen als dynamischen Objekten verwendet werden.

Als Kenngrößen oder Daten des eigenen Fahrzeuges und des Kollisionsobjekts können darüber hinaus auch weitere, aus einer der ermittelten Fahrzeugkenngößen und/oder Objektkenngrößen abgeleitete und/oder zu diesen proportionale Kenngrößen des eigenen Fahrzeuges und/oder des sich annähernden Objektes als Kenngrößen, ermittelt werden. Dadurch lässt sich in geeigneter Weise ermitteln und damit feststellen oder zumindest abschätzen, ob der Zielpunkt kollisionsfrei erreicht werden kann.

Ferner kann in Betracht gezogen werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Fahrzeug beispielsweise einen Fahrtrichtungswechsel durchführen wird. Dies kann beispielsweise auf der Art eine kreuzenden Straße basieren, also ob diese etwa eine Hauptstraße oder eine Nebenstraße ist, oder auch ob an einem Grundstück, welches sich an einer Straße befindet, ein Objekt vorliegt, welches eine höhere Wahrscheinlichkeit eines Besuchs

aufweist, wie etwa Supermärkte. Grundsätzlich können dabei etwa Erfahrungswerte verwendet werden, welche vergangene Verkehrsflüsse repräsentieren, die etwa über Aufzeichnungen von Verkehrsflüssen problemlos ermittelbar sind.

Bevorzugt kann es vorgesehen sein, dass Verfahrensschritt c) basiert auf wenigstens einem von einer festgelegten initialen Fahrtrajektorie und einem festgelegten initialen Geschwindigkeitsprofil. In anderen Worten erfolgt bei Verfahrensschritt c) in dieser Ausgestaltung das Erstellen einer auf einer initialen Fahrstrategie basierenden angepassten Fahrstrategie eines Fahrzeugs von einem Ist-Punkt zu einem Zielpunkt.

Somit kann eine initiale Fahrtrajektorie erstellt werden etwa basierend auf Umgebungsdaten, die durch einen oder mehrere entsprechende Umfeldbeobachtungssensoren oder auch durch Daten des Navigationssystems bereitgestellt werden. Somit wird in diesem Schritt eine Möglichkeit bestimmt, entlang welchen Wegs das Fahrzeug bewegt werden soll, um von dem Ist-Punkt zu dem Zielpunkt zu gelangen. Eine derartige initiale Fahrtrajektorie ist somit eine Fahrtrajektorie, welche als erste Maßnahme ausgeführt werden kann, um zu der Zielposition zu gelangen. Dabei kann es wie aus dem Stand der Technik bekannt vorgesehen sein, dass die initiale Fahrtrajektorie zum Erreichen der Zielposition über mehrere Schritte erstellt wird, indem verschiedene Wegpunkte nacheinander angefahren werden beziehungsweise die Fahrtrajektorie sukzessive über mehrere Wegpunkte erstellt wird. Dabei kann die Fahrtrajektorie mit einem definierten Geschwindigkeitsprofil abgefahren werden.

Dadurch können bereits bei einem Annähern an einen Kollisionsbereich weit vor einem Ausweichvorgang die weitere Fahrtrajektorie beachtet werden und so der zu fahrende Weg an das Endziel beziehungsweise den anschließend anzufahrenen Wegpunkt angepasst werden. In anderen Worten kann ein Lenkeingriff zum Abfahren einer angepassten Fahrtrajektorie, um eine Kollision zu vermeiden, durchgeführt werden in Abhängigkeit von und basierend auf der initialen Fahrtrajektorie, so dass der nächste oder ein folgender Wegpunkt auf der initialen Fahrtrajektorie, der nicht kollisionsfrei erreicht werden kann, durch die angepasste Fahrstrategie besonders vorteilhaft angefahren werden kann. Es erfolgt somit nicht lediglich ein bloßes Ausweichen, bei dem ein Lenkeingriff basiert auf dem bloßen Verhindern der Kollision, sondern es wird insbesondere im Vor-

feld eine angepasste Fahrstrategie mit einer entsprechenden Fahrtrajektorie geplant, um ein kurzfristiges Ausweichen unnötig zu machen.

Diesbezüglich kann Verfahrensschritt c) dann ausgeführt werden, wenn ermittelt wird, dass der Zielpunkt bei Beibehalten der festgelegten initialen Fahrtrajektorie und einem festgelegten initialen Geschwindigkeitsprofil mit Bezug auf wenigstens ein Kollisionsobjekt nicht kollisionsfrei erreicht werden kann. Somit wird ermittelt, ob die gewählte initiale Fahrstrategie, also der geplante Weg, entlang dem das Fahrzeug fahren wird, und dabei die gewählte geplante Geschwindigkeit, geeignet sind, um eine kollisionsfreie Fahrt zu dem Wegpunkt zu erreichen. Somit wird bei einem definierten Wertepaar von räumlicher Position und Zeit bei der Ist-Position und einem Wertepaar von räumlicher Position und Zeit bei dem Zielpunkt basierend auf der initialen Fahrtrajektorie und bei gegebener Geschwindigkeit eine Kollision mit einem Kollisionsobjekt detektiert.

Beispielsweise, wenn der geplante Zielpunkt, der grundsätzlich frei wählbar sein kann, kollisionsfrei erreicht werden kann, kann die geplante Fahrt entlang der initialen Fahrtrajektorie und mit der gewählten Geschwindigkeit beziehungsweise mit dem gewählten Geschwindigkeitsprofil weitergeführt werden. Falls eine Kollision möglich oder wahrscheinlich ist, kann die Kollision durch Verfahrensschritt c) verhindert werden, indem eine Fahrstrategie erstellt beziehungsweise angepasst wird.

Durch diesen Schritt kann es ermöglicht werden, dass eine Kollision mit dem Kollisionsobjekt verhindert wird, da eine angepasste Fahrstrategie zu dem Zielpunkt oder einem weiter entfernten Zielpunkt auf der initialen Fahrtrajektorie verwendet wird, bei welcher der jeweilige Zielpunkt mit Bezug auf das Kollisionsobjekt kollisionsfrei erreicht werden kann.

Grundsätzlich kann es vorgesehen sein, dass wenigstens eines von der festgelegten initialen Fahrstrategie und der gemäß Verfahrensschritt c) erstellten Fahrstrategie basiert auf Daten eines Navigationssystems, wie dies vorstehend beschrieben ist.

Ferner kann es vorgesehen sein, dass Verfahrensschritt d) erfolgt unter Berücksichtigung einer Priorisierung von möglichen Parametern zur Erstellung der Fahrstrategie. In anderen Worten kann es beachtet werden, dass dann, wenn ein Zielpunkt durch eine

bestimmte Fahrstrategie aufgrund einer Kollision nicht angefahren werden soll, es mehrere Möglichkeiten geben kann, die Fahrstrategie anzupassen beziehungsweise zu erstellen. In dieser Ausgestaltung kann die Auswahl aus möglichen Fahrstrategien nach einer Priorisierung erfolgen. Die Priorisierung kann grundsätzlich mit wählbaren Parametern ausgeführt werden. Beispiele für Parameter zum Erstellen der Fahrstrategie umfassen etwa einen möglichst geringen Zeitaufwand, eine möglichst geringe Strecke oder auch einen möglichst hohen Sicherheitsgewinn. Auch kann das Geschwindigkeitsprofil entsprechend angepasst basierend auf priorisierten Parametern erstellt werden, etwa basierend auf der Priorisierung, ob ein Beschleunigen oder ein Abbremsen erfolgen soll, ob ein möglichst hoher Sicherheitsgewinn ermöglicht werden soll oder ob beispielsweise ein geringer Zeitverlust ermöglicht werden soll.

Es kann ferner bevorzugt sein, dass Verfahrensschritt c) erfolgt unter Verwendung einer Kostenfunktion. Eine Kostenfunktion kann dabei etwa als eine wie vorstehend beschriebene Priorisierung angewandt werden. In dieser Ausgestaltung kann somit für jede mögliche durchzuführende Aktion, also aus den möglichen Varianten der Veränderung der Geschwindigkeit und/oder eines Lenkeingriffs ermittelt werden, welche Trajektorie mit welchem Geschwindigkeitsprofil abgefahren wird beziehungsweise zu welcher Zeit das eigene Fahrzeug an welchem Punkt ist und welche Kosten damit einhergehen. Mögliche Kostenparameter umfassen etwa die Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit dem Kollisionsobjekt, die Länge einer zu fahrenden Strecke, den Einfluss möglicher Beschleunigungsvorgänge, und weitere Kostenfaktoren, welche es auf vorteilhafte Weise ermöglichen können, eine Kollision zu vermeiden.

Weiterhin kann es vorgesehen sein, dass ein Zielpunkt als nicht kollisionsfrei erreichbar eingestuft wird, beziehungsweise eine angepasste Fahrstrategie erstellt wird, wenn ein wirklicher Kollisionszustand sicher ist, gegebenenfalls mit einer einzubeziehenden Wahrscheinlichkeit, wie dies an anderer Stelle beschrieben ist. Diese Ausgestaltung unterscheidet sich von einem aus dem Stand der Technik bekannten unausweichlichen Kollisionszustand, indem bei letzterem stets alle möglichen Aktionen berechnet werden müssen um zu überprüfen, ob der Kollisionszustand als unausweichlich einzustufen ist. Dadurch kann in der hier beschriebenen Ausgestaltung der Rechenaufwand reduziert werden.

Da insbesondere eine Kollisionswarnung oftmals komplex mit verschiedenen einzustellenden beziehungsweise anzupassenden Parametern ausgestaltet ist, kann es insbesondere vorgesehen sein, dass die Reaktion auf das Ermitteln, dass der Wegpunkt nicht kollisionsfrei angesteuert werden kann, mittels eines Lenkradeingriffs und einen Brems- oder Gaseingriffs durch ein semiautonomes oder vollständig autonomes Fahren reagiert.

Es kann besonders bevorzugt sein, dass der wenigstens eine Zielpunkt nicht der Endpunkt der initialen Fahrtrajektorie ist. In dieser Ausgestaltung kann somit das beschriebene Verfahren ausgeführt werden basierend auf wenigstens einem im Wesentlichen frei wählbaren Wegpunkt als Zielpunkt, wobei der Weg zu diesem bezüglich einer Kollision untersucht wird. Diese Ausgestaltung ermöglicht beispielsweise, basierend auf den Bedingungen der Umgebung den wenigstens einen Wegpunkt derart zu wählen, dass eine Kollision besonders effektiv beurteilt werden kann.

Es kann besonders bevorzugt sein, wenn Verfahrensschritt c) durchgeführt wird mit einer Vielzahl von Wegpunkten als Zielpunkten vor der Zielposition der initialen Fahrtrajektorie. Je mehr Wegpunkte verwendet werden, desto genauer kann eine Kollision über die gesamte Trajektorie verhindert werden. Beispielsweise kann in einem Bereich, in welchem starker Verkehr vorliegt oder bei dem grundsätzlich höhere Kollisionswahrscheinlichkeiten zu erwarten sind, ein engmaschigeres Netz an Wegpunkten verwendet werden und kann in einem Bereich, in dem weniger Verkehr vorliegt und etwa grundsätzlich eine geringere Kollisionswahrscheinlichkeit anzunehmen ist, die Anzahl an Wegpunkten reduziert werden. Ferner kann etwa bei einer Vielzahl von Fahrbahnkreuzungen, Kurven oder Ähnlichem eine engere Dichte an Wegpunkten gewählt werden, als etwa bei einer langen geraden Strecke ohne Kreuzungen beziehungsweise Einmündungen.

Dabei kann es vorgesehen sein, dass für jeden der Wegpunkte als Zielpunkte geprüft wird, ob diese bei der entsprechenden Prüfung kollisionsfrei erreicht werden können. Eine Prüfung eines Wegpunktes kann daher stets erneut erfolgen, wenn ein Wegpunkt erreicht wurde. In anderen Worten wird ein Wegpunkt angefahren, wenn dieser kollisionsfrei erreicht werden kann, woraufhin die Prüfung für einen weiteren Wegpunkt erfolgt. Daraus kann resultieren, dass die angepasste Fahrstrategie stets bis zum Errei-

chen eines zuvor geprüften Wegpunkts beibehalten wird und anschließend eine neue Prüfung mit einem neuen Wegpunkt beginnt.

Somit kann es weiterhin bevorzugt sein, dass die Anzahl und räumliche Lage der Wegpunkte als Zielpunkte für Verfahrensschritt c) ausgewählt wird basierend auf den Umgebungsbedingungen des Fahrzeugs. In dieser Ausgestaltung kann zum Einen einer Kollisionsgefahr besonders effektiv entgegengewirkt werden. Auf der anderen Seite kann die Rechenleistung besonders gering gehalten werden, was sich positiv auf die Korrektheit der Evaluierung einer Kollision auswirken kann.

Beispielsweise kann das Ergebnis des Prüfens der Wegpunkte bezüglich eines Erreichens derselben mit oder ohne Kollision zumindest temporär gespeichert werden, etwa in einer Steuereinheit beziehungsweise einem Speicher hiervon. Dann brauchen diese Ergebnisse bei einer weiteren Wegplanung nicht erneut berechnet werden. Dies kann insbesondere dann von Vorteil sein, wenn etwa bei einem ersten untersuchten Wegpunkt eine Kollision zu befürchten ist und ein weiterer Wegpunkt entsprechend untersucht werden muss, ob dieser für eine angepasste Fahrstrategie geeignet ist. Bereits untersuchte Wegpunkte brauchen dann in dieser Ausgestaltung, wenn sie bereits untersucht wurden, nicht mehr weiter beachtet werden. Dadurch kann die Fahrstrategie mit einem vergleichsweise geringen Rechenaufwand erstellt werden. Ferner kann eine Pfadsuche zu jeder Zeit online erfolgen.

Es kann weiterhin bevorzugt sein, dass bei Verfahrensschritt c) eine Kollisionswahrscheinlichkeit in Betracht gezogen wird. Gemäß dieser Ausgestaltung wird somit nicht nur strikt ermittelt, ob eine Kollision stattfindet oder nicht, sondern es kann anhand verschiedenster Faktoren eine Wahrscheinlichkeit ermittelt werden, mit welcher eine Kollision stattfindet. Dadurch lassen sich zwischen einem strikten „ja“ oder „nein“ eine Vielzahl Zwischenstufen realisieren, welche für eine entsprechende Fahrplanung von Vorteil sein können. Beispielsweise kann grundsätzlich in einem innerstädtischen Bereich oder in einem Bereich mit hoher Verkehrsdichte die Wahrscheinlichkeit für eine Kollision höher angenommen werden, als bei Bereichen mit einer geringen Verkehrsdichte. So kann beispielsweise eine Wahrscheinlichkeit besonders gering eingeschätzt werden, wenn ein Verhalten eines anderen Fahrzeugs mittels einer car-to-car Kommunikation ermittelt wird, da etwa in diesem Fall genau ermittelt werden kann, wie das andere Fahrzeug sich im Verhältnis zu dem eigenen Fahrzeug verhalten wird. Ferner kann ermittelt werden,

basierend auf welcher Aktion, also Verändern der Geschwindigkeit und/oder eines Lenkeingriffs die Wahrscheinlichkeit einer Kollision besonders effektiv gesenkt werden kann. Grundsätzlich ist die Beurteilung der Kollisionswahrscheinlichkeit in keiner Weise auf die vorstehenden Beispiele beschränkt.

Dadurch, dass eine Kollisionswahrscheinlichkeit in Betracht gezogen wird, kann das Erstellen einer Fahrstrategie noch anpassbarer sein, wobei beispielsweise aus den möglichen Varianten der Veränderung der Geschwindigkeit und/oder eines Lenkeingriffs derart gewählt werden kann, dass eine möglichst geringe Wahrscheinlichkeit einer Kollision erfolgt.

Weiterhin kann es bevorzugt sein, dass als Graphsuchalgorithmus ein A*-Algorithmus verwendet wird. Durch einen A*-Algorithmus kann, etwa unter Hinzuziehen einer Heuristik, auf effektive und sichere Weise eine Trajektorieplanung beziehungsweise eine Geschwindigkeitsplanung erfolgen, welche sowohl eine Fahrtrichtungsänderung als auch eine Geschwindigkeitsänderung in Betracht ziehen. Insbesondere unter Verwendung eines A*-Algorithmus kann somit eine sichere Fahrstrategieplanung, also Trajektorieplanung und Geschwindigkeitsplanung erfolgen, was das Verfahren besonders sicher machen kann.

Insbesondere kann es sich bei dem A*-Algorithmus um eine Erweiterung des hybriden A*-Algorithmus handeln wie im Forschungsartikel von Dmitri Dolgoc et al., mit dem Titel Path Planning for Autonomous Vehicles in Unknown Semi-structured Environments, erschienen in The International Journal of Robotics Research 29, Nummer 5 (2010) beschrieben. Vorteilhaft ist hierbei die Kombination von diskretem Graphsuchalgorithmus unter Verwendung von exakten Fahrzeugpositionen und Geschwindigkeiten.

Insbesondere kann der A*-Algorithmus somit ausgehend von einer Ist-Position zu einer Zielposition beziehungsweise einem Wegpunkt den Pfad inklusive einer Geschwindigkeitssteuerung bereitstellen. Dies kann realisiert werden, indem mögliche Steuerungsaktionen bereitgestellt werden, wie vorstehend beschrieben.

Es kann weiterhin bevorzugt sein, dass Verfahrensschritt b) erfolgt unter Verwendung wenigstens eines Sensors, der ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Ultraschallsensoren, Kameras, Lidar-basierten Sensoren, wie insbesondere Laserscannern,

Radarsensoren oder weiteren auf dem Fachgebiet bekannten Sensoren zum Überwachen der Umgebung. Beispielsweise kann ein Sensor vorgesehen sein oder kann eine Mehrzahl an Sensoren vorgesehen sein, wobei die Mehrzahl an Sensoren gleich oder unterschiedlich ausgestaltet sein kann.

Insbesondere unter Verwendung derartiger Sensoren kann eine sichere und verlässliche Umfeldbeobachtung erfolgen und dadurch effektiv eine Kollision verhindert werden. Darüber hinaus liegen derartige Sensoren in Fahrzeugen ohnehin oftmals vor beziehungsweise sind Bestandteil von Fahrerunterstützungssystemen von Fahrzeugen. Dadurch kann es insbesondere in dieser Ausgestaltung ermöglicht werden, dass keine zusätzlichen Sensoren für das beschriebene Verfahren benötigt werden. Daher kann es insbesondere in dieser Ausgestaltung ermöglicht werden, dass zur Durchführung des Verfahrens bestehende Peripherie genutzt werden kann und lediglich das Steuersystem des Fahrerunterstützungssystems für das Verfahren angepasst werden braucht.

Hinsichtlich weiterer Vorteile und technischer Merkmale des Verfahrens wird auf die Ausführungen mit Bezug auf das Fahrerunterstützungssystem, das Fahrzeug und auf die Figuren und die Beschreibung der Figuren verwiesen.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ferner ein Fahrerunterstützungssystem zum Erstellen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs, insbesondere zum Verhindern einer Kollision mit einem Fahrzeug als Kollisionsobjekt, wobei das Fahrerunterstützungssystem mindestens einen Umgebungssensor für eine Umfeldbeobachtung und eine Steuereinheit zum Auswerten von dem Umgebungssensor gelieferter Daten aufweist, wobei das Fahrerunterstützungssystem dazu geeignet ist, ein vorstehend beschriebenes Verfahren auszuführen.

Das Fahrerunterstützungssystem kann Teil eines Fahrzeugs sein, wie beispielsweise eines Personenkraftwagens. Das Fahrerunterstützungssystem kann insbesondere zum Verhindern einer Kollision mit einem anderen Fahrzeug als Kollisionsobjekt ausgestaltet sein, wie dies vorstehend mit Bezug auf das Verfahren im Detail beschrieben ist.

Für eine Umfeldbeobachtung weist das Fahrerunterstützungssystem mindestens einen Umgebungssensor auf. Der Umgebungssensor kann vorzugsweise Teil des Fahrerunterstützungssystems sein, das auch das Verfahren ausführt beziehungsweise

die Fahrtrajektorie erstellt. Der mindestens eine Umgebungssensor kann beispielsweise ein beliebiger geeigneter auf dem Fachgebiet bekannter Sensor sein. Dabei kann zum Überwachen der Umgebung nur ein oder können mehrere verschiedene oder gleiche Sensoren verwendet werden, die eine Sensoranordnung aus einem oder mehreren Umgebungssensoren bilden. Der mindestens eine Umgebungssensor kann beispielsweise aufweisen oder bestehen aus einem oder mehreren gleichen oder unterschiedlichen Sensoren, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Ultraschallsensoren, Kameras, Lidar-basierten Sensoren, wie insbesondere Laserscannern, Radarsensoren oder weiteren Sensoren, die auf dem Fachgebiet zum Überwachen der Umgebung bekannt sind.

Ferner wird eine Steuereinheit, wie beispielsweise ein Prozessor, bereitgestellt. Die Steuereinheit ist zum Auswerten der von dem oder den Sensoren gelieferten Sensordaten und zum Erstellen und Ausgeben einer Fahrstrategie eingerichtet.

Weiterhin kann eine Kommunikationseinrichtung vorgesehen sein, welche etwa mit anderen Fahrzeugen, welche potentielle Kollisionsobjekte sind, kommunizieren kann und so Daten betreffend das Fahrverhalten, also insbesondere Pfad- und Geschwindigkeitsinformationen, des Kollisionsobjekts etwa an die Steuereinheit weiterleiten kann, so dass diese Daten für das Erstellen einer Fahrstrategie verwenden können.

Somit kann durch das Fahrunterstützungssystem auf effektive Weise eine Kollision mit anderen Fahrzeugen als Kollisionsobjekte verhindert werden.

Hinsichtlich weiterer Vorteile und technischer Merkmale des Fahrunterstützungssystems wird auf die Ausführungen mit Bezug auf das Verfahren, das Fahrzeug und auf die Figuren und die Beschreibung der Figuren verwiesen.

Teil der Erfindung ist ferner ein Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug, mit einem Fahrunterstützungssystem zum Erstellen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs, beispielsweise zum Verhindern einer Kollision des Fahrzeugs mit einem Kollisionsobjekt, wobei das Fahrerassistenzsystem wie vorstehend beschrieben ausgestaltet ist.

Somit kann es erreicht werden, dass durch das Fahrerunterstützungssystem auf effektive Weise das Erstellen einer Fahrstrategie insbesondere in Hinblick auf andere Fahrzeuge als potentielle Kollisionsobjekte erstellt und eine Kollision so effektiv verhindert werden kann.

Das Fahrzeug kann dabei durch das Fahrerunterstützungssystem wie vorstehend beschrieben durch einen Fahrer gefahren werden, wobei lediglich Hinweise betreffend eine geänderte Fahrstrategie ausgegeben werden, oder es kann ein halb autonomes Fahren stattfinden, indem etwa das Fahrerunterstützungssystem Fahreingriffe, wie etwa Lenkeingriffe oder Eingriffe betreffend die Geschwindigkeit durchführt, oder es kann ein vollautonomes Fahren durchgeführt werden.

Hinsichtlich weiterer Vorteile und technischer Merkmale des Fahrzeugs wird auf die Ausführungen mit Bezug auf das Fahrerunterstützungssystem, das Verfahren und auf die Figuren und die Beschreibung der Figuren verwiesen.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Gegenstände werden durch die Zeichnungen veranschaulicht und in der nachfolgenden Beschreibung erläutert, wobei die beschriebenen Merkmale einzeln oder in einer beliebigen Kombination ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung sein können, insoweit sich aus dem Kontext nicht eindeutig das Gegenteil ergibt. Dabei ist zu beachten, dass die Zeichnungen nur beschreibenden Charakter haben und nicht dazu gedacht sind, die Erfindung in irgendeiner Form einzuschränken. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Ansicht zeigend die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer ersten Ausgestaltung;

Fig. 2 eine schematische Ansicht zeigend die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer weiteren Ausgestaltung; und

Fig. 3 ein Diagramm zeigend eine Veränderung eines Geschwindigkeitsprofils für ein Verfahren gemäß der Erfindung.

In der Figur 1 ist ein schematisches Diagramm gezeigt, welches eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt.

Insbesondere ist ein Fahrzeug 10 gezeigt, das mit einem Fahrerunterstützungssystem ausgestattet ist. Das Fahrerunterstützungssystem dient insbesondere dem Erstellen einer Fahrstrategie für das Fahrzeug. Dabei ist in der Figur 1 eine Ausgestaltung gezeigt, bei der das Fahrerunterstützungssystem dem Erstellen einer auf einer initialen Fahrtrajektorie 12 als Bestandteil einer initialen Fahrstrategie basierenden angepassten Fahrstrategie des Fahrzeugs 10 dient.

Grundsätzlich ist das Verfahren auch durchführbar ohne das Festlegen einer initialen Fahrtrajektorie, etwa wenn nur ein Zielpunkt festgelegt wird, wie dies nachfolgend beschrieben ist, ohne auf weiter folgende Zielpunkte Rücksicht zu nehmen.

Hierzu weist das Fahrerunterstützungssystem mindestens einen Umgebungssensor für eine Umfeldbeobachtung und eine Steuereinheit auf, wobei das Fahrerunterstützungssystem dazu geeignet ist, ein Verfahren durchzuführen, wie dieses nachstehend beschrieben ist.

Das durch das Fahrerunterstützungssystem durchführbare Verfahren dient somit in der Ausgestaltung nach Figur 1 dem Erstellen einer auf einer initialen Fahrstrategie beziehungsweise Fahrtrajektorie 12 basierenden angepassten Fahrstrategie des Fahrzeugs 10. Ziel ist es eine Kollision mit einem Fahrzeug 14 zu verhindern, welches als Kollisionsobjekt eingestuft ist und somit potentiell mit dem Fahrzeug 10 kollidieren kann.

Gemäß dem hier beschriebenen Verfahren erfolgt das Erstellen der initialen Fahrstrategie und damit einer initialen Fahrtrajektorie 12. Die Fahrtrajektorie 12 verläuft von einem Ist-Punkt 16 zu einem Endpunkt 18. Ferner ist gezeigt, dass das Fahrzeug 10 sich entlang einer Fahrtrajektorie 20 bewegt.

Gemäß Verfahrensschritt b) erfolgt bei dem hier beschriebenen Verfahren das Durchführen einer Umfeldbeobachtung durch wenigstens einen Sensor des Fahrzeugs 10, wobei das Umfeld auf Fahrzeuge 14 als potentielle Kollisionsobjekte untersucht wird. Dabei kann das Fahrzeug 14 detektiert werden, welches möglicherweise mit dem Fahrzeug 10 kollidiert. Hierzu kann ein Sensor vorgesehen sein oder eine Mehrzahl an gleichen oder verschiedenen Sensoren, die etwa aus der Gruppe bestehend aus

Ultraschallsensoren, Kameras, Radarsensoren und Lidar-basierten Sensoren ausgewählt sein können.

Da das Fahrzeug 14 als Kollisionsobjekt detektiert wurde, erfolgt insbesondere das Ermitteln, ob eine Kollision des Fahrzeugs 10 mit dem Fahrzeug 14 erfolgt oder wahrscheinlich ist. Entsprechend erfolgt ein Ermitteln für einen Wegpunkt 22_2 als Zilepunkt, in dieser Ausgestaltung als Wegpunkt 22_2 der der initialen Fahrtrajektorie 12, ob dieser Wegpunkt 22_2 mit Bezug auf das Kollisionsobjekt beziehungsweise das Fahrzeug 14 kollisionsfrei erreicht werden kann bei gegebener Geschwindigkeit auf der initialen Fahrtrajektorie 12.

Es ist gezeigt, dass der Wegpunkt 22_2 ein wählbarer Wegpunkt 22_2 aus einer Vielzahl von Wegpunkten 22_1 , 22_2 , 22_3 ist, welche ausgewählt werden können basierend auf den Umgebungsbedingungen des Fahrzeugs 10.

In der Figur 1 ist in der Ausgestaltung a) gezeigt, dass es ermittelt wird, dass der Wegpunkt 22_1 kollisionsfrei erreicht werden kann, der Wegpunkt 22_2 mit Bezug auf das Kollisionsobjekt beziehungsweise das Fahrzeug 14 jedoch nicht kollisionsfrei erreicht werden kann bei gegebener Geschwindigkeit auf der initialen Fahrtrajektorie 12. Denn die Fahrzeuge 10, 12 würden an dem Wegpunkt 22_2 , welcher einen Kollisionspunkt 24 darstellt, kollidieren.

Um dies zu verhindern wird gemäß Verfahrensschritt c) eine angepasste Fahrstrategie erstellt, wobei die erstellte Fahrstrategie eine geänderte Fahrtrajektorie 26 und/oder ein geändertes Geschwindigkeitsprofil des Fahrzeugs 10 aufweisen kann. Grundsätzlich kann der Wegpunkt 22_2 auch frei wählbar sein, so dass die Fahrtrajektorie 26 als Teil einer Fahrstrategie erstellt wird, ohne auf einer initialen Fahrstrategie zu basieren.

Dabei ist es vorgesehen, dass Verfahrensschritt c), also das Erstellen der beispielsweise angepassten Fahrstrategie, durchgeführt wird unter Verwendung einer Graphsuche mittels eines Graphsuchalgorithmus, wobei unter Verwendung des Graphsuchalgorithmus zum Erstellen der Fahrstrategie in einem Schritt die Fahrtrajektorie 26 und ein Geschwindigkeitsprofil derart erstellt wird, dass gleichermaßen ein Vergrößern, Verkleinern oder Beibehalten einer aktuell anliegenden

Geschwindigkeit und ein Beibehalten der Fahrtrichtung, ein Lenkeinschlag in Fahrtrichtung nach links und ein Lenkeinschlag in der Fahrtrichtung nach rechts in Betracht gezogen werden. Dies kann beispielsweise unter Heranziehen eines A*-Algorithmus realisiert werden, etwa unter Hinzuziehen einer Heuristik.

Dabei zeigt Figur 1 insbesondere in Figur 1a) den Trajektorieverlauf basierend auf der initialen Trajektorie 12 und in Figur 1b) den Trajektorieverlauf basierend auf der in dieser Ausgestaltung angepassten Fahrstrategie.

Dabei ist zu erkennen, dass der ehemalige Kollisionspunkt 24 auf den Trajektorien 12, 20, der in Figur 1a) ein Wegpunkt 22_2 der Trajektorie 12 war, nunmehr nicht mehr auf der Trajektorie 26, die in diesem Fall der Trajektorie 12 entspricht. Eine Kollision der Fahrzeuge 10, 14 kann so verhindert werden. Dabei ist gezeigt, dass die Kollision in Figur 1 verhindert wird, indem bei gleichbleibenden Fahrverhalten des Fahrzeugs 14 die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 10 erhöht wird, die Trajektorie 12 beziehungsweise 26 beziehungsweise der abgefahrte Pfad jedoch gleich bleibt.

Anschließend kann das gleiche Verfahren für den Wegpunkt 22_3 durchgeführt werden oder der Wegpunkt 22_3 kann bereits als Parameter in die Erstellung der geänderten Fahrstrategie mit einfließen.

In der Figur 2 ist eine andere Ausgestaltung des Verfahrens gezeigt, wobei in Figur 2 mit Bezug auf Figur 1 gleiche oder vergleichbare Bauteile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind.

In der Figur 2 ist gezeigt, dass die angepasste Fahrstrategie sowohl eine andere Fahrtrajektorie 26 aufweist, als auch eine geänderte Geschwindigkeit des Fahrzeugs 10. Somit findet bei dem Fahrzeug 10 in der Figur 2 sowohl ein Lenkeingriff, als auch eine Veränderung der Geschwindigkeit statt. Dadurch kann es wiederum ermöglicht werden, dass der ehemalige Kollisionspunkt 24 auf den Fahrtrajektorien 12, der in Figur 2a) ein Wegpunkt 22_2 der Trajektorie 12 war, nunmehr nicht mehr auf der Trajektorie 12 liegt. Eine Kollision der Fahrzeuge 10, 14 kann so verhindert werden.

Anschließend kann wiederum das gleiche Verfahren für den Wegpunkt 22₃ durchgeführt werden oder der Wegpunkt 22₃ kann bereits als Parameter in die Erstellung der geänderten Fahrstrategie mit einfließen.

In welcher Ausgestaltung das Verfahren durchgeführt wird, kann steuerbar sein durch eine Priorisierung der entsprechenden für eine angepasste Fahrstrategie geänderten Parameter. Beispielsweise kann eine Kostenfunktion zur Steuerung der Aktion des Fahrzeugs 10 verwendet werden, welche die angepasste Fahrstrategie widerspiegelt.

Ein Geschwindigkeitsprofil einer angepassten Fahrtrajektorie 26- kann etwa derart realisiert werden, dass eine definierte Geschwindigkeit über definierte Zeitintervalle jeweils beibehalten wird, in den unterschiedlichen Intervallen jedoch unterschiedliche Werte verwendet werden. Dies ist in der Figur 3 gezeigt, welche ein Diagramm zeigt, das auf der x-Achse die Zeit zeigt und auf der y-Achse die Beschleunigung. Dabei zeigt die Linie 28 eine über die Zeit konstante negative Beschleunigung, wohingegen die Linie 30 ein Beschleunigungsprofil zeigt, das in definierten Intervallen unterschiedlich gewählt werden kann. Die Intervalle können dabei dem Fahren von einem geprüften Wegpunkt zu einem weiteren geprüften Wegpunkt entsprechen. Dadurch kann eine größere Freiheit zur Verhinderung einer Kollision an einem Kollisionspunkt 32 ermöglicht werden.

Bezugszeichen

10	Fahrzeug
12	Fahrtrajektorie
14	Fahrzeug
16	Ist-Punkt
18	Endpunkt
20	Fahrtrajektorie
22 ₁	Wegpunkt
22 ₂	Wegpunkt
22 ₃	Wegpunkt
24	Kollisionspunkt
26	Fahrtrajektorie
28	Linie
30	Linie
32	Kollisionspunkt

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erstellen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs (10), aufweisend die Verfahrensschritte:
 - a) Festlegen wenigstens eines Zielpunkts, der von einer Ist-Position beabstandet ist;
 - b) Durchführen einer Umfeldbeobachtung durch wenigstens einen Sensor des Fahrzeugs (10), wobei das Umfeld auf Fahrzeuge (14) als potentielle Kollisionsobjekte auf wenigstens einem Weg von der Ist-Position zu dem Zielpunkt untersucht wird; und
 - c) Erstellen einer Fahrstrategie zum Erreichen des wenigstens einen Zielpunkts startend von der Ist-Position (16), unter Verwendung einer Graphsuche mittels eines Graphsuchalgorithmus, wobei unter Verwendung des Graphsuchalgorithmus zum Erstellen der Fahrstrategie in einem Schritt eine Fahrtrajektorie (26) und ein Geschwindigkeitsprofil derart erstellt wird, dass gleichermaßen ein Vergrößern, Verkleinern oder Beibehalten einer aktuell anliegenden Geschwindigkeit und ein Beibehalten der Fahrtrichtung, ein Lenkeinschlag in Fahrtrichtung nach links und ein Lenkeinschlag in der Fahrtrichtung nach rechts in Betracht gezogen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Verfahrensschritt c) basiert auf wenigstens einem von einer festgelegten initialen Fahrtrajektorie (12) und einem festgelegten initialen Geschwindigkeitsprofil.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass Verfahrensschritt c) durchgeführt wird, wenn ermittelt wird, dass der Zielpunkt bei Beibehalten der festgelegten initialen Fahrtrajektorie (12) und einem festgelegten initialen Geschwindigkeitsprofil mit Bezug auf wenigstens ein Kollisionsobjekt nicht kollisionsfrei erreicht werden kann.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass Verfahrensschritt c) durchgeführt wird mit einer Vielzahl von Wegpunkten (22₁, 22₂, 22₃) als Zielpunkten vor der Endposition (18) der initialen Fahrtrajektorie (12).

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl und die räumliche Lage der Wegpunkte (22_1 , 22_2 , 22_3) für Verfahrensschritt c) ausgewählt wird basierend auf den Umgebungsbedingungen des Fahrzeugs (10).
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei Verfahrensschritt c) eine Kollisionswahrscheinlichkeit in Betracht gezogen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass Verfahrensschritt c) erfolgt unter Berücksichtigung einer Priorisierung von möglichen Parametern zur Erstellung der Fahrstrategie.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass Verfahrensschritt c) erfolgt unter Verwendung einer Kostenfunktion.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kostenfunktion verwendet wird unter Einbeziehung einer Kollisionswahrscheinlichkeit mit dem Kollisionsobjekt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass als Graphsuchalgorithmus ein A* Algorithmus verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Verfahrensschritt b) erfolgt unter Verwendung eines oder mehrerer gleicher oder verschiedener Sensoren der Gruppe bestehend aus Ultraschallsensoren, Kameras, Radarsensoren und Lidar-basierten Sensoren.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines von der festgelegten initialen Fahrstrategie und der gemäß Verfahrensschritt c) erstellten Fahrstrategie basiert auf Daten eines Navigationssystems.
13. Fahrerunterstützungssystem zum Erstellen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs (10), insbesondere zum Verhindern einer Kollision mit einem Fahrzeug (14) als Kollisionsobjekt, wobei das Fahrerunterstützungssystem mindestens einen

Umgebungssensor für eine Umfeldbeobachtung und eine Steuereinheit zum Auswerten von dem Umgebungssensor gelieferter Daten aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrerunterstützungssystem dazu geeignet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchzuführen.

14. Fahrerunterstützungssystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Umgebungssensor ausgewählt der Gruppe bestehend aus Ultraschallsensoren, Kameras, Radarsensoren und Lidar-basierten Sensoren.
15. Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, aufweisend ein Fahrerunterstützungssystem zum Erstellen einer Fahrstrategie eines Fahrzeugs (10), dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrerunterstützungssystem ausgestaltet ist nach Anspruch 13 oder 14.

1/1

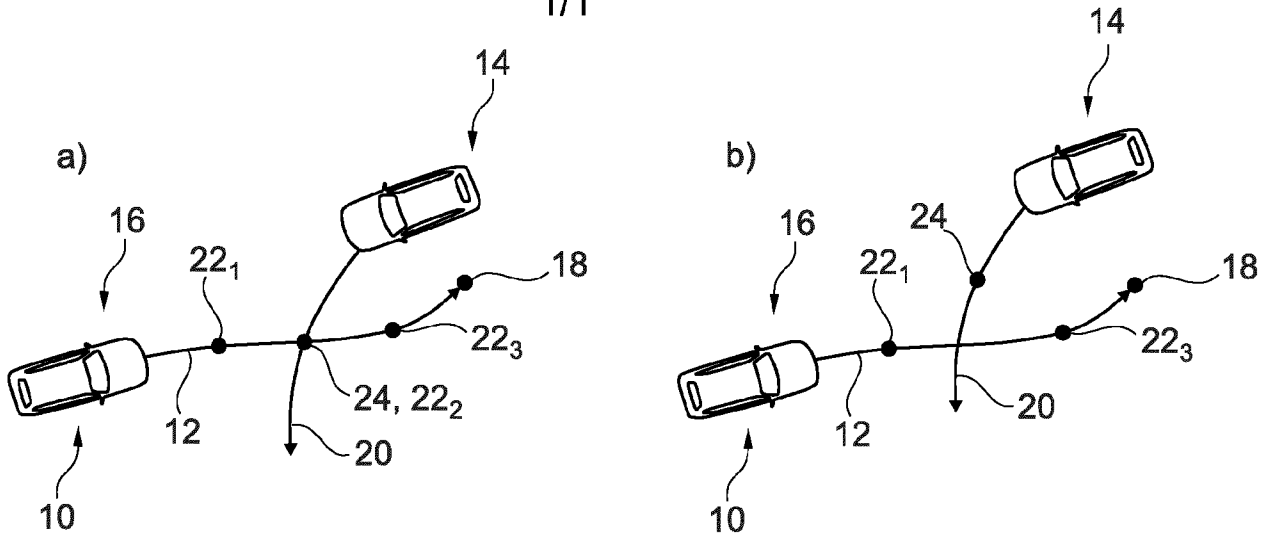


Fig. 1

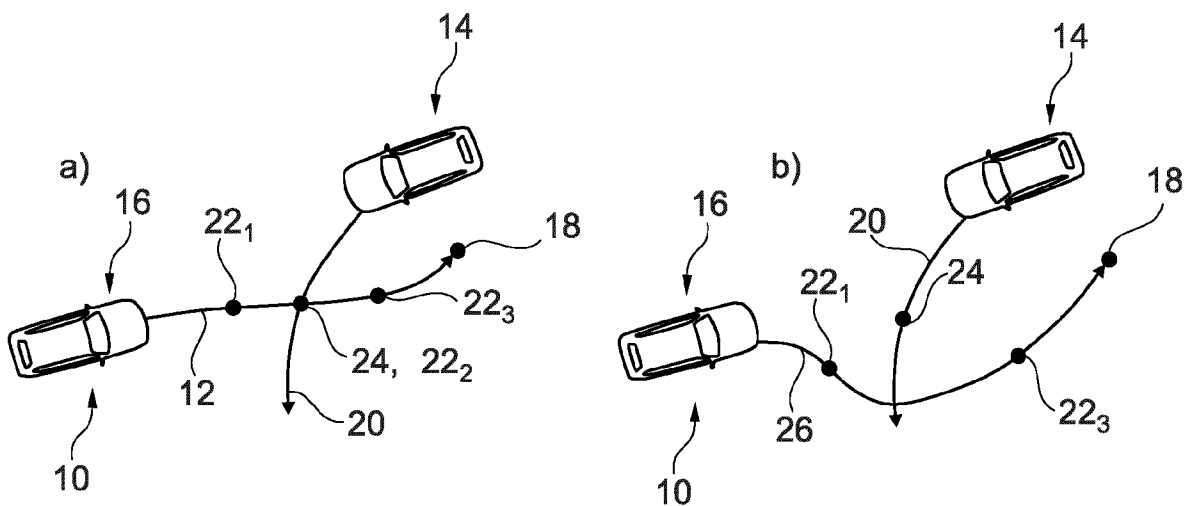


Fig. 2

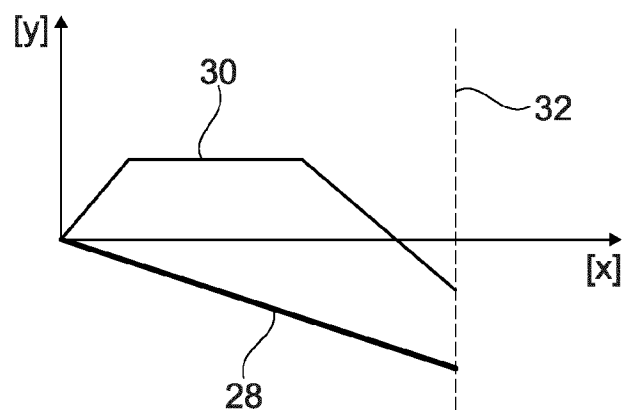


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/051035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B60W 30/09**(2012.01)i; **B60W 30/095**(2012.01)i; **G05D 1/02**(2006.01)i; **G01C 21/34**(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60W; G05D; G01C

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	Y. KUWATA ET AL. "Motion planning for urban driving using RRT" 2008 IEEE/RSJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS : [IROS 2008]; NICE, FRANCE, 22 - 26 SEPTEMBER 2008, Piscataway, NJ, 01 September 2008 (2008-09-01), pages 1681-1686 DOI: 10.1109/IROS.2008.4651075 ISBN: 978-1-4244-2058-2. XP055564752 page 1, columns 1-2 page 2, columns 1-2	1-15
A	CHARLES RICHTER ET AL. "High-speed autonomous navigation of unknown environments using learned probabilities of collision" 2013 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION (ICRA); 6-10 MAY 2013; KARLSRUHE, GERMANY, US, 01 May 2014 (2014-05-01), pages 6114-6121 DOI: 10.1109/ICRA.2014.6907760 ISSN: 1050-4729, ISBN: 978-1-4673-5641-1. XP055564892 page 6115, column 2 - page 6116, column 1	1-15



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

13 March 2019

Date of mailing of the international search report

29 March 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Stolle, Martin

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/051035

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Dmitri Dolgov ET AL. "Practical Search Techniques in Path Planning for Autonomous Driving" 01 January 2008 (2008-01-01), Retrieved from the Internet: https://ai.stanford.edu/~ddolgov/papers/dolgov_gpp_stair08.pdf [retrieved on 2019-03-06] XP055564979 page 2	1-15
A	Dave Ferguson ET AL. "The Field D* Algorithm for Improved Path Planning and Replanning in Uniform and Non-Uniform Cost Environments" 01 January 2005 (2005-01-01), Retrieved from the Internet: https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub4/ferguson_david_2005_3/ferguson_david_2005_3.pdf [retrieved on 2019-03-05] XP055564894 page 1	10

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60W30/09 B60W30/095 G05D1/02 G01C21/34 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60W G05D G01C		
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	Y. KUWATA ET AL: "Motion planning for urban driving using RRT", 2008 IEEE/RSJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS : [IROS 2008]; NICE, FRANCE, 22 - 26 SEPTEMBER 2008, 1. September 2008 (2008-09-01), Seiten 1681-1686, XP055564752, Piscataway, NJ DOI: 10.1109/IROS.2008.4651075 ISBN: 978-1-4244-2058-2 Seite 1, Spalten 1-2 Seite 2, Spalten 1-2 ----- -/--	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
13. März 2019		29/03/2019
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Stolle, Martin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CHARLES RICHTER ET AL: "High-speed autonomous navigation of unknown environments using learned probabilities of collision", 2013 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION (ICRA); 6-10 MAY 2013; KARLSRUHE, GERMANY, 1. Mai 2014 (2014-05-01), Seiten 6114-6121, XP055564892, US ISSN: 1050-4729, DOI: 10.1109/ICRA.2014.6907760 ISBN: 978-1-4673-5641-1 Seite 6115, Spalte 2 - Seite 6116, Spalte 1 -----	1-15
A	Dmitri Dolgov ET AL: "Practical Search Techniques in Path Planning for Autonomous Driving", 1. Januar 2008 (2008-01-01), XP055564979, Gefunden im Internet: URL:https://ai.stanford.edu/~ddolgov/papers/dolgov_gpp_stair08.pdf [gefunden am 2019-03-06] Seite 2 -----	1-15
A	Dave Ferguson ET AL: "The Field D* Algorithm for Improved Path Planning and Replanning in Uniform and Non-Uniform Cost Environments", 1. Januar 2005 (2005-01-01), XP055564894, Gefunden im Internet: URL:https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub4/ferguson_david_2005_3/ferguson_david_2005_3.pdf [gefunden am 2019-03-05] Seite 1 -----	10