

(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
25. Juni 2020 (25.06.2020)



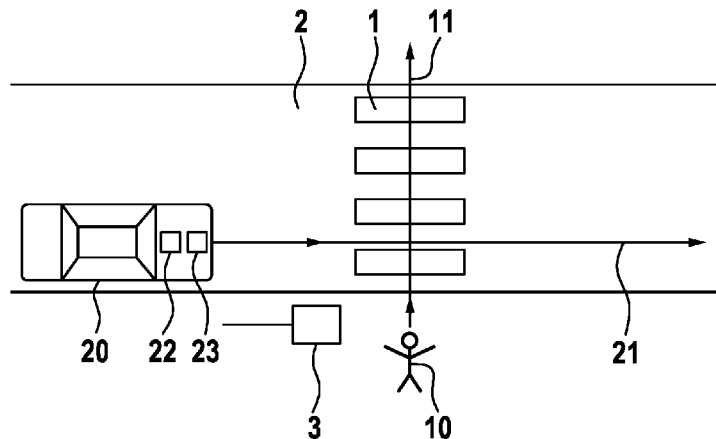
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/127689 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
B60W 30/095 (2012.01) G06K9/00 (2006.01)
B60W 30/09 (2012.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP20 19/086244
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
19. Dezember 2019 (19. 12.2019)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2018 133 157.6
20. Dezember 2018 (20. 12.2018) DE
10 2019 110 071.2
16. April 2019 (16.04.2019) DE
- (71) **Anmelder:** ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Wernerstr. 51, 70469 Stuttgart-Feuerbach (DE). DAIMLER AG [DE/DE]; Mercedesstr. 120, 70372 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder:** MIELENZ, Holger; Am Bruennelesberg 19, 73760 Ostfildern (DE). KELLER, Christoph Gustav; Gutenbergstr. 50a, 70176 Stuttgart (DE).
- (74) **Anwalt:** PATENTANWALTSKANZLEI WILHELM & BECK; Prinzenstr. 13, 80639 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, 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,

(54) Title: METHOD FOR THE AUTOMATED CONTROL OF A VEHICLE AT A PEDESTRIAN CROSSWALK, CONTROL UNIT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM AUTOMATISIERTEN STEuern EINES FAHRZEUGS AN EINEM FUßGÄNGERÜBERWEG, STEUERGERÄT

Fig. 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for the automated performance of a driving function of a vehicle at a pedestrian crosswalk, in which method first a pedestrian trajectory of a pedestrian is predicted and a vehicle trajectory for the Crossing of the pedestrian crosswalk is determined. A first time point at which the pedestrian moving on the pedestrian trajectory will reach the pedestrian crosswalk and a second time point at which the vehicle moving on the vehicle trajectory will leave the pedestrian crosswalk are calculated. Subsequently, a Crossing decision is made using the first time point and the second time point, and a control Signal for a driving function of the vehicle is output on the basis of the Crossing decision in such a way that the vehicle moves along the vehicle trajectory.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum automatisierten Ausführen einer Fahrfunktion eines Fahrzeugs an einem Fußgängerüberweg, bei dem zunächst eine Fußgängertrajektorie eines Fußgängers vorhergesagt wird und eine Fahrzeugtrajektorie zur Überquerung des Fußgängerüberwegs ermittelt wird. Es wird ein erster Zeitpunkt, an dem der sich auf der Fußgängertrajektorie bewegend Fußgänger den Fußgängerüberweg erreichen wird und ein zweiter Zeitpunkt, an dem das sich auf der Fahrzeugtrajektorie bewegend Fahrzeug den Fußgängerüberweg verlassen wird, berechnet. Anschließend wird anhand des ersten Zeitpunkts und des zweiten Zeitpunkts eine Überquerungsentscheidung getroffen und aufgrund der Überquerungsentscheidung ein Steuersignal für eine



WO 2020/127689 A1

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum automatisierten Steuern eines Fahrzeugs an einem Fußgängerüberweg, Steuergerät

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum automatisierten Ausführen einer Fahrfunktion eines Fahrzeugs an einem Fußgängerüberweg sowie ein Steuergerät zum Ausführen des Verfahrens sowie ein Computerprogramm zur Ausführung des Verfahrens sowie ein Speichermedium für das Computerprogramm.

15

Diese Patentanmeldung nimmt die Priorität der deutschen Patentanmeldungen DE 10 2018 133 157.6 vom 20. Dezember 2019 und DE 10 2019 110 071.2 vom 16. April 2019 in Anspruch, deren Inhalt durch Rückbezug vollumfänglich in die vorliegende Patentanmeldung aufgenommen wird.

20

Stand der Technik

25

Es sind Verfahren bekannt, mit denen das Verhalten eines Fußgängers beim Überqueren einer Fahrbahn klassifiziert werden kann. Dabei kann mittels eines Sensorsignals ein Fußgänger oder eine Umfeldsituation des Fußgängers erfasst werden. Als zweiter Schritt wird eine physikalische Größe eines Zusammenhangs zwischen dem Fußgänger und der zumindest einen Umfeldinformation ermittelt und anhand dieser Größe in einem dritten Schritt das Verfahren des Fußgängers klassifiziert. Dadurch ist es möglich, eine zuverlässige Prädiktion einer möglichen Fußgängerbewegung vorzunehmen. Ein solches Verfahren ist in der Druckschrift DE 10 2014 201 159 A 1 offenbart.

30

Ferner ist es bekannt, mittels Umfeldsensorik Fußgänger an einem Zebrastreifen zu erkennen. Hierzu können beispielsweise Kamerasensoren in einem Fahrzeug

verbaut sein und Bilder dieser Kamerasensoren ausgewertet werden. Ein solches Verfahren ist in der Druckschrift DE 10 2014 226 254 A 1 offenbart.

5 Ferner sind Verfahren zur Routenermittlung eines Kraftfahrzeuges bekannt, wobei andere Fahrzeuge bei der Routenfindung berücksichtigt werden, um Kollisionen möglichst zu vermeiden. Ein solches Verfahren ist in der Druckschrift US 2012/0072104 A 1 offenbart.

Offenbarung der Erfindung

10

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, bei dem eine Fahrzeugtrajektorie eines Fahrzeugs über einen eine Fahrbahn querenden Fußgängerüberweg ermittelt wird und eine Entscheidung getroffen wird, diese Fahrzeugtrajektorie zu befahren. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Steuergerät für ein Fahrzeug bereitzustellen, mit dem die Verfahrensschritte durchgeführt werden können.

15

Diese Aufgaben werden mit dem Verfahren und der Vorrichtung der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

20

Ein Verfahren zum automatisierten Ausführen einer Fahrfunktion eines Fahrzeugs an einem Fußgängerüberweg kann derart durchgeführt werden, dass zunächst eine Fußgängertrajektorie eines Fußgängers vorhergesagt wird. In einem weiteren Verfahrensschritt kann eine Fahrzeugtrajektorie zur Überquerung des Fußgängerüberwegs ermittelt werden. Dieser Schritt kann vor der Vorhersage der Fußgängertrajektorie oder nach der Vorhersage der Fußgängertrajektorie ausgeführt werden. Anschließend kann ein erster Zeitpunkt, an dem der sich auf der Fußgängertrajektorie bewegende Fußgänger den Fußgängerüberweg erreichen wird und ein zweiter Zeitpunkt, an dem das sich auf der Fahrzeugtrajektorie bewegende Fahrzeug den Fußgängerüberweg verlassen wird, berechnet werden. In einem weiteren Verfahrensschritt kann eine Überquerungsentscheidung anhand der Fußgängertrajektorie und der Fahrzeugtrajektorie getroffen werden. Alternativ kann eine Überquerungsentscheidung anhand des ersten Zeitpunkts und des zweiten Zeitpunkts getroffen werden. In einem letzten Verfahrensschritt

25

30

35

wird anschließend ein Steuersignal für mindestens eine Fahrfunktion des Fahrzeugs aufgrund der Überquerungsentscheidung derart ausgegeben, dass das Fahrzeug sich entlang der Fahrzeugtrajektorie bewegt, wenn es anhand des Steuersignals gesteuert wird.

5

Bei der Vorhersage der Fußgängertrajektorie kann aus Sensordaten berechnet werden, welchen weiteren Weg ein Fußgänger zurücklegen wird. Dabei kann unter anderem auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden.

10

Die Überquerungsentscheidung ist positiv, wenn entschieden wird, dass das Fahrzeug den Fußgängerüberweg überqueren soll. Das ist dann der Fall, wenn die Überquerung des Fußgängerüberwegs möglich ist, ohne den Fußgänger zu gefährden oder zu beeinträchtigen. Die getroffene Überquerungsentscheidung ist hingegen negativ, wenn entschieden wird, dass das Fahrzeug den Fußgängerüberweg nicht überqueren soll. Das ist dann der Fall, wenn eine Überquerung des Fußgängerüberwegs ohne Gefährdung oder Beeinträchtigung des Fußgängers nicht möglich ist.

15

20

Beim Treffen der Überquerungsentscheidung anhand der Fußgängertrajektorie und der Fahrzeugtrajektorie kann es vorgesehen sein, dass eine positive Überquerungsentscheidung getroffen wird, wenn anhand der Fußgängertrajektorie und der Fahrzeugtrajektorie ermittelt wird, dass keine Kollision zwischen dem Fußgänger und Fahrzeug zu befürchten ist. Ferner kann das Verfahren aber auch derart ausgestaltet sein, dass eine positive Überquerungsentscheidung nur getroffen wird, wenn anhand der Fußgängertrajektorie und der Fahrzeugtrajektorie eine gefährliche oder unkomfortable Situation für den Fußgänger ausgeschlossen werden kann.

25

30

Das Verfahren kann in mehreren Anwendungsfällen durchgeführt werden. Beispielsweise kann das Verfahren durchgeführt werden, wenn sich das Fahrzeug dem Fußgängerüberweg nähert, also noch in Bewegung ist. Ferner ist es möglich, das Verfahren durchzuführen, wenn das Fahrzeug vor dem Fußgängerüberweg zum Stillstand gekommen ist und nun zur Überquerung des Fußgängerüberwegs wieder anfahren soll.

35

Das Steuersignal für mindestens eine Fahrfunktion des Fahrzeugs kann eine Information über eine Lenkbewegung, über ein Abbremsen und/oder über eine Beschleunigung des Fahrzeugs umfassen. Das Verfahren kann im Rahmen der von der Bundesanstalt für Straßenwesen definierten unterschiedlichen Automatisierungsgrade für Fahrerassistenzsysteme zum Einsatz kommen. Dabei kann vorgesehen sein, dass das Fahrerassistenzsystem dem Fahrer assistiert, indem es entweder eine Querführung oder eine Längsführung des Fahrzeugs übernimmt. Ferner kann das Verfahren auch in teilautomatisierten, hochautomatisierten oder vollautomatisierten Fahrzeugen zum Einsatz kommen, wobei in allen Automatisierungsgraden das Fahrerassistenzsystem sowohl die Quer- als auch die Längsführung übernimmt. Die Systeme unterscheiden sich hinsichtlich der Pflicht des Fahrers, das Fahrerassistenzsystem zu überwachen. In teilautomatisierten Fahrzeugen ist der Fahrer verpflichtet, das Fahrerassistenzsystem zu überwachen. In hochautomatisierten Fahrzeugen gibt das Fahrerassistenzsystem eine Aufforderung zur Fahrzeugübernahme aus. In vollautomatisierten Fahrzeugen wird das Fahrzeug vom Fahrerassistenzsystem in einen risikominimalen Fahrzeugzustand überführt, wenn der Fahrer einer Übergabeaufforderung nicht nachkommt.

Es ist ferner ebenfalls möglich, dass, wenn sich das Fahrzeug noch auf den Fußgängerüberweg zubewegt, eine negative Überquerungsentscheidung getroffen wird, da die zu befahrende Fahrzeugtrajektorie und die Fußgängertrajektorie eine Kollision und/oder eine gefährliche und/oder unkomfortable Situation für den Fußgänger zur Folge hätten. In diesem Fall ist die Überquerungsentscheidung negativ und die mindestens eine Fahrfunktion des Fahrzeugs wird derart gesteuert, dass das Fahrzeug abbremsst, um den Fußgänger den Fußgängerüberweg überqueren zu lassen und erst anschließend selbst den Fußgängerüberweg überquert. Das Abbremsen kann dabei eine Verringerung der Geschwindigkeit oder einen kompletten Stillstand des Fahrzeugs zur Folge haben.

Das vorgeschlagene Verfahren kann für ein Fahrzeug mit einem Fahrerassistenzsystem, welches Funktionen zum automatisierten Ausführen von Fahrfunktionen bereitstellt, eingesetzt werden, bei denen der Fahrer durch das System unterstützt wird. Alternativ kann das vorgeschlagene Verfahren auch in vollautoma-

tisiert fahrenden Fahrzeugen, insbesondere im öffentlichen Personennahverkehr, eingesetzt werden.

5 In einer Ausführungsform des Verfahrens wird zunächst ein Fußgängerüberweg erkannt. In einem weiteren Schritt kann der sich dem Fußgängerüberweg nähernder Fußgänger erfasst werden. Diese beiden Schritte können auch gleichzeitig oder in der umgekehrten Reihenfolge ausgeführt werden. Anschließend werden die weiteren Verfahrensschritte durchgeführt.

10 Es ist ferner ebenfalls möglich, mehr als einen Fußgänger zu erfassen, wobei sich die Fußgänger dem Fußgängerüberweg nähern. In diesem Fall wird für jeden erfassten Fußgänger eine eigene Fußgängertrajektorie vorhergesagt und die Überquerungsentscheidung anhand aller Fußgängertrajektorien getroffen.

15 Das Erkennen des Fußgängerüberwegs und die Erfassung des Fußgängers können dabei wie in Druckschrift DE 10 2014 226 254 A 1 beschrieben erfolgen. Insbesondere kann eine Umfeldsensorik mit Kamerasensoren vorgesehen sein, um den Fußgängerüberweg zu erkennen und den Fußgänger zu erfassen. Zur Vorhersage der Fußgängertrajektorien kann das in Druckschrift DE 10 2014 201
20 159 A 1 offenbarte Verfahren verwendet werden. Der Inhalt der Druckschriften DE 10 2014 226 254 A 1 sowie DE 10 2014 201 159 A 1 betreffend diese Aspekte wird hiermit durch Rückbezug vollinhaltlich aufgenommen. Das Erfassen kann dabei sowohl das aufzeichnen als auch das Auswerten von entsprechenden
25 Sensordaten umfassen.

In einer Ausführungsform des Verfahrens kann das Erkennen des Fußgängerüberwegs und/oder die Erfassung des sich auf dem Fußgängerüberweg nähernden Fußgängers mittels Objekterkennung erfolgen. Dabei können insbesondere Lidarsensoren und/oder Kamerasensoren zum Einsatz kommen. Die Objekterkennung kann insbesondere eine Auswertung eines Kamerabildes anhand von
30 vorgegebenen Mustern umfassen.

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird bei der Vorhersage der Fußgängertrajektorien ein Ort und ein Bewegungsvektor des Fußgängers berücksichtigt.
35 Durch den Bewegungsvektor kann eine Geschwindigkeit des Fußgängers be-

rücksichtigt werden, insbesondere wenn ein Fußgänger sich schneller als mit Schrittgeschwindigkeit, beispielsweise beim Joggen, bewegt. Ferner kann auch vorgesehen sein, Richtungsänderungen des Fußgängers zu erfassen und aufgrund einer erfassten Richtungsänderung eine neue Fußgängertrajektorie vorherzusagen. Letzteres kann insbesondere angewendet werden, um zu erkennen, dass der Fußgänger das Fahrzeug durchlassen will, beispielsweise indem er seine Fußgängertrajektorie derart verschwenkt, dass dem Fahrzeug mehr Zeit für die Überquerung des Fußgängerüberwegs bleibt oder indem er seine Geschwindigkeit reduziert und somit ebenfalls mehr Zeit für das Fahrzeug zum Überquerung des Fußgängerüberwegs zur Verfügung stellt.

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird ein erster Sicherheitsbereich um den Fußgänger beim Treffen der Überquerungsentscheidung berücksichtigt. Dadurch können insbesondere Geschwindigkeitsänderungen des Fußgängers, die nicht in die Vorhersage der Fußgängertrajektorie eingeflossen sind, abgefangen werden, da hierdurch entsprechende Toleranzen anwendbar sind. Der erste Sicherheitsbereich kann dabei eine Fläche um den Fußgänger umfassen, wobei eine Größe der Fläche durch einen vorbestimmten ersten Abstand vom Fußgänger, beispielsweise im Bereich zwischen 30 Zentimeter und 2 Meter, insbesondere zwischen 50 Zentimeter und 1 Meter, vorgegeben wird. Der erste Sicherheitsbereich umfasst dann die Fläche um den Fußgänger, die alle Punkte enthält, die von der Position des Fußgängers weniger als den ersten Abstand entfernt sind.

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird ein zweiter Sicherheitsbereich um das Fahrzeug beim Treffen der Überquerungsentscheidung berücksichtigt. Dies ermöglicht insbesondere, beim Steuern des Fahrzeugs entlang der Fahrzeugtrajektorie nicht vorhersehbare Unabwägbarkeiten, wie beispielsweise nasses Laub unter den Antriebsrädern, was zu einer geringeren möglichen Beschleunigung führen kann, auszugleichen. Der zweite Sicherheitsbereich kann dabei eine Fläche um das Fahrzeug umfassen, wobei eine Größe der Fläche durch einen vorbestimmten zweiten Abstand vom Fußgänger, beispielsweise im Bereich zwischen 1 Meter und 5 Meter, insbesondere zwischen 2,5 Meter und 4 Meter, vorgegeben wird. Der zweite Sicherheitsbereich umfasst dann die Fläche um das Fahrzeug, die alle Punkte enthält, die von der Position des Fahrzeugs weniger als den zweiten Abstand entfernt sind.

5 In einer Ausführungsform des Verfahrens wird bei der Ermittlung der Fahrzeugtrajektorie eine Totzeit und/oder ein Motormoment und/oder ein Reibungskoeffizient und/oder ein Motorruck und/oder ein anderer Motorparameter berücksichtigt. Dadurch wird eine genauere Ermittlung der Fahrzeugtrajektorie möglich.

10 In einer Ausführungsform des Verfahrens wird ein erster Zeitpunkt berechnet, wobei der sich auf der Fußgängertrajektorie bewegende Fußgänger zum ersten Zeitpunkt den Fußgängerüberweg erreicht. Ferner wird ein zweiter Zeitpunkt berechnet, an dem das sich auf der Fahrzeugtrajektorie bewegende Fahrzeug den Fußgängerüberweg verlässt. Eine positive Überquerungsentscheidung wird dann
15 getroffen, wenn der erste Zeitpunkt nach dem zweiten Zeitpunkt liegt. Liegt der erste Zeitpunkt nach dem zweiten Zeitpunkt, so erreicht der Fußgänger den Fußgängerüberweg erst, wenn das Fahrzeug den Fußgängerüberweg bereits wieder verlassen hat. Dadurch kann sichergestellt werden, dass der Fußgänger den Fußgängerüberweg sicher überqueren kann, nachdem das Fahrzeug seinerseits den Fußgängerüberweg überquert hat. Sollte der zweite Zeitpunkt nach dem ersten Zeitpunkt liegen, kann es vorgesehen sein, dass die Fahrzeugtrajektorie derart verändert wird, dass das Fahrzeug vor dem Fußgängerüberweg
20 und/oder zum Stillstand kommt. Steht das Fahrzeug bereits am Fußgängerüberweg, bedeutet eine negative Überquerungsentscheidung, dass das Fahrzeug nicht wieder anfährt.

25 Der erste Sicherheitsbereich um den Fußgänger und der zweite Sicherheitsbereich um das Fahrzeug können in dieser Ausführungsform derart berücksichtigt sein, dass vom ersten Zeitpunkt eine erste Sicherheitszeit abgezogen wird und zum zweiten Zeitpunkt eine zweite Sicherheitszeit addiert wird und eine positive Überquerungsentscheidung nur dann getroffen wird, wenn der erste Zeitpunkt abzüglich der ersten Sicherheitszeit nach dem zweiten Zeitpunkt zuzüglich der
30 zweiten Sicherheitszeit liegt.

35 In einer Ausführungsform des Verfahrens ist die getroffene Überquerungsentscheidung eine die Überquerung des Fußgängerüberwegs zulassende positive Überquerungsentscheidung, wenn der erste Zeitpunkt um mindestens eine vorgegebene Sicherheitszeitreserve nach dem zweiten Zeitpunkt liegt. Die Sicher-

heitszeitreserve kann dabei beispielsweise eine Sekunde, zwei Sekunden oder fünf Sekunden sein oder einen Wert zwischen einer Sekunde und fünf Sekunden annehmen. Ferner kann die Sicherheitszeitreserve einer Summe der ersten Sicherheitszeit und der zweiten Sicherheitszeit entsprechen.

5

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird zum Treffen der Überquerungsentscheidung ein Schnittpunkt von Fußgängertrajektorie und Fahrzeugtrajektorie ausgewertet. Diese Auswertung kann insbesondere umfassen, zu welchem Zeitpunkt die Fahrzeugtrajektorie den Schnittpunkt erreicht und zu welchem Zeitpunkt die Fußgängertrajektorie den Schnittpunkt erreicht.

10

In einer Ausführungsform des Verfahrens werden mehrere Fahrzeugtrajektorien mit unterschiedlichen Fahrparametern ermittelt. Jeder der ermittelten Fahrzeugtrajektorien wird hinsichtlich eines Fahrkomforts bewertet. Das Treffen der Überquerungsentscheidung erfolgt anhand der Fußgängertrajektorie und den mehreren Fahrzeugtrajektorien, wobei das Steuern der mindestens einen Fahrfunktion des Fahrzeugs derart erfolgt, dass das Fahrzeug sich entlang einer der mehreren Fahrzeugtrajektorien mit einem vorgegebenen Mindestfahrkomfort bewegt. Es kann in diesem Fall vorgesehen sein, dass eine positive Überquerungsentscheidung dann getroffen wird, wenn zumindest eine der ermittelten Fahrzeugtrajektorien eine positive Überquerungsentscheidung anhand der oben beschriebenen Kriterien ermöglicht. Wenn mehrere der ermittelten Fahrzeugtrajektorien eine positive Überquerungsentscheidung ermöglichen, so kann vorgesehen sein, eine Auswahl der Fahrzeugtrajektorie danach vorzunehmen, welche der ermittelten Fahrzeugtrajektorien mit positiver Überquerungsentscheidung einen möglichst großen Fahrkomfort bietet. Sollte keine der ermittelten Fahrzeugtrajektorien mit positiver Überquerungsentscheidung den geforderten Mindestfahrkomfort aufweisen, so kann vorgesehen sein, die positive Überquerungsentscheidung zu revidieren und das Fahrzeug nicht über den Fußgängerüberweg zu steuern.

15

20

25

30

Dabei kann es vorgesehen sein, dass für jede Fahrzeugtrajektorie ein zweiter Zeitpunkt berechnet wird, an dem das sich auf der jeweiligen Fahrzeugtrajektorie bewegendes Fahrzeug den Fußgängerüberweg verlassen wird und wobei das Treffen der Überquerungsentscheidung anhand des ersten Zeitpunkts und der mehreren zweiten Zeitpunkte erfolgt.

35

Die unterschiedlichen Fahrparameter können dabei unterschiedliche Beschleunigungen und/oder unterschiedliche Lenkeinschläge, beispielsweise zum Ausweichen, umfassen. Der Mindestfahrkomfort kann beispielsweise derart definiert
5 sein, dass nur gewisse Längs- und Querschleunigungen für die Einhaltung des Mindestfahrkomforts zulässig sind. Dabei kann es vorgesehen sein, dass eine Beschleunigung, insbesondere eine Längsbeschleunigung beim Anfahren des Fahrzeugs maximal 1,7 Meter pro Sekundenquadrat erfolgt. Ein Anfahren mit ei-
10 ner solchen Beschleunigung wird von den meisten Menschen als zügig, aber sicher empfunden. Für ein langsames, komfortableres Anfahren kann es vorgesehen sein, dass die Beschleunigung, insbesondere die Längsbeschleunigung maximal 1,4 Meter pro Sekundenquadrat beträgt. Wenn im Fahrzeug Stehplätze vorhanden sind und Personen im Fahrzeug stehen, kann eine maximale Be-
15 schleunigung von 1,3 Meter pro Sekundenquadrat vorgegeben sein. Im letzten Fall kann vorgesehen sein, mittels Sensoren, beispielsweise Kameras, zu ermitteln, ob Stehplätze des Fahrzeugs besetzt sind.

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird der vorgegebene Mindestfahrkomfort reduziert, wenn eine Standdauer des Fahrzeugs einen vorgegebenen Wert
20 überschreitet. Dies kann beispielsweise dann nützlich sein, wenn aufgrund einer hohen Zahl von den Fußgängerüberweg überquerenden Fußgängern zwar grundsätzlich zur Überquerung ohne Gefährdung der Fußgänger geeignete Fahrzeugtrajektorien berechnet werden, diese jedoch aufgrund der Anforderung an den Mindestfahrkomfort nicht befahren werden. Sollte die Standdauer zu lang
25 sein und dabei mit den vorgegebenen Wert überschreiten, wird der Mindestfahrkomfort entsprechend reduziert, sodass nun eventuell mögliche Fahrzeugtrajektorien befahren werden können. Dieser Aspekt des Verfahrens kann auch mehrfach zum Tragen kommen, wobei der Mindestfahrkomfort immer weiter reduziert wird. Beispielsweise können zunächst Fahrzeugtrajektorien mit einer maximalen
30 Beschleunigung von 1,4 Meter pro Sekundenquadrat berücksichtigt werden und anschließend nach einer Reduzierung des Mindestfahrkomforts auch Fahrzeugtrajektorien mit einer maximalen Beschleunigung von 1,7 Meter pro Sekundenquadrat berücksichtigt werden.

Der vorgegebene Wert für die maximale Standdauer kann dabei in Abhängigkeit einer Position des Fahrzeugs und einer Uhrzeit ermittelt werden. Beispielsweise kann der vorgegebene Wert zu Zeiten des Berufsverkehrs reduziert sein. Berufsverkehr findet dabei beispielsweise in den Zeiträumen Montag bis Freitag jeweils
5 zwischen 6:00 Uhr und 9:00 Uhr sowie zwischen 16:00 Uhr und 19:00 Uhr liegen. Der vorgegebene Wert für die maximale Standdauer kann auf Hauptverkehrsstraßen geringer sein als auf Nebenstraßen. Beispielsweise kann der vorgegebene Wert für die maximale Standdauer 30 Sekunden betragen für eine Hauptverkehrsstraße zu Zeiten des Berufsverkehrs, 60 Sekunden für Nebenstraßen zu
10 Zeiten des Berufsverkehr und 90 Sekunden außerhalb der Zeiten des Berufsverkehrs sowohl für Hauptverkehrs als auch für Nebenstraßen.

Es kann zusätzlich vorgesehen sein, dass eine zentrale Stelle die Auslastung eines Straßennetzes ermittelt und an Fahrzeuge, die sich in diesem Straßennetz
15 bewegen, den vorgegebenen Wert für die maximale Standdauer übermittelt. Das Fahrzeug beziehungsweise ein Steuergerät des Fahrzeugs kann dann eingerichtet sein, diesen vorgegebenen Wert zu empfangen. Dabei können auch unterschiedliche vorgegebene Werte für unterschiedliche Positionen innerhalb des Straßennetzes empfangen werden.

20 In einer Ausführungsform kann ein Teleoperator des Fahrzeugs eingeschaltet werden, wenn eine Standdauer des Fahrzeugs einen weiteren vorgegebenen Wert überschreitet. Dies ist insbesondere vorteilhaft für vollautomatisiert fahrende Fahrzeuge, beispielsweise im öffentlichen Personennahverkehr.

25 Der Teleoperator kann dann eventuell manuell in die Steuerung des Fahrzeugs eingreifen und so eine Entscheidung hinsichtlich des Überquerens des Fußgängerüberwegs treffen.

30 Ein Steuergerät eines Fahrzeuges ist eingerichtet, eines der beschriebenen Verfahren durchzuführen.

Hierzu weist das Steuergerät insbesondere einen Eingang für mindestens ein Sensorsignal auf. Ferner weist das Steuergerät eine Recheneinheit zur Durchführung der Verfahrensschritte und einen Ausgang zum Weitergeben von Fahrin-
35

formationen an ein System zum automatisierten Ausführungen von Fahrfunktionen auf.

5 Ein Computerprogramm umfasst Befehle, die zur Ausführung des Verfahrens führen, wenn das Computerprogramm auf einen Computer ausgeführt wird. Ein maschinenlesbares Speichermedium umfasst das Computerprogramm.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der folgenden Zeichnungen erläutert. In der schematischen Zeichnung zeigen:

10

Fig. 1 ein Fahrzeug mit einem Steuergerät;

Fig. 2 eine erste Verkehrssituation an einem Fußgängerüberweg;

15

Fig. 3 einen weiteren Verlauf der ersten Verkehrssituation;

Fig. 4 einen weiteren Verlauf der ersten Verkehrssituation;

Fig. 5 eine zweite Verkehrssituation an einem Fußgängerüberweg;

20

Fig. 6 eine dritte Verkehrssituation an einem Fußgängerüberweg;

Fig. 7 einen weiteren Verlauf der dritten Verkehrssituation;

25

Fig. 8 ein Ablaufdiagramm des Verfahrens; und

Fig. 9 ein weiteres Ablaufdiagramm des Verfahrens.

30

Fig. 1 zeigt ein Fahrzeug 20 mit einem Steuergerät 22, einem Sensor 23 und einem System 24 zum automatisierten Ausführen mindestens einer Fahrfunktion. Das Steuergerät 22 ist eingerichtet, Sensordaten des Sensors 23 auszulesen und ein Steuersignal an das System 24 zum automatisierten Ausführen mindestens einer Fahrfunktion weiterzugeben. Ferner ist das Steuergerät 22 zum Durchführen eines Verfahrens zum automatisierten Steuern eines Fahrzeugs an einem
35 Fußgängerüberweg eingerichtet. Das Steuergerät 22 und das System 24 können

dabei auch ein einheitliches Bauteil bilden, also als einheitliches Bauteil ausgeführt sein. Ferner kann das Steuergerät 22 eine Recheneinheit umfassen, die eingerichtet ist, Verfahrensschritte im Rahmen eines Computerprogramms auszuführen. Das Computerprogramm kann auf einem maschinenlesbaren Speichermedium innerhalb des Steuergeräts gespeichert sein. Das System 24 zum Ausführen der mindestens einen Fahrfunktion ist eingerichtet, zumindest eine Lenkbewegung und/oder eine Geschwindigkeit des Fahrzeugs 20 zu steuern, beispielsweise mittels Eingriff in eine Lenkung, Gasgeben oder Abbremsen des Fahrzeugs 20.

Obwohl in Fig. 1 nur ein Sensor 23 gezeigt ist, können dem Fahrzeug 20 auch mehrere Sensoren 23 zugeordnet sein. Die Sensoren 23 können zur Fußgängererkennung und/oder zur Fußgängerüberwegerkennung eingerichtet sein und unter Anderem Kamerasensoren, Lidarsensoren und/oder Radarsensoren umfassen. Ferner können auch Daten von mehreren Sensoren 23 fusioniert werden.

Fig. 2 zeigt eine erste Verkehrssituation an einem Fußgängerüberweg 1 einer Straße 2. Ein Fußgänger 10 nähert sich dem Fußgängerüberweg 1. Ein Fahrzeug 20 nähert sich auf der Straße 2 ebenfalls dem Fußgängerüberweg 1. Das Fahrzeug 20 weist dabei das Steuergerät 22 der Fig. 1 auf. Ferner weist das Fahrzeug 20 analog zur Fig. 1 einen Sensor 23 auf. Mittels des Sensors 23 kann der Fußgängerüberweg 1 erkannt werden. Dies kann beispielsweise anhand eines Verkehrszeichens 3 erfolgen, welches auf den Fußgängerüberweg 1 hinweist. Alternativ kann dies mittels Erkennen eines Musters des Fußgängerüberwegs 1 erfolgen. Der Fußgängerüberweg 1 ist als sogenannter Zebrastreifen dargestellt und entspricht damit der in Deutschland gültigen Kennzeichnung eines Fußgängerüberwegs. Alternativ kann der Fußgängerüberweg 1 auch als durchgezogene, sich in der Farbe von der Straße 2 unterscheidende Fläche, mittels zweier die Straße querender Begrenzungslinien, mittels zweier die Straße querenden unterbrochenen Begrenzungslinien oder derart markiert sein, dass zusätzlich zu der in Fig. 2 gezeigten Markierung seitlich durchgehende, die Straße querende Linien angebracht sind. Ferner ist es möglich, die Streifen des Fußgängerüberwegs 1, die hier parallel zur Straße 2 verlaufen, auch in einem Winkel zur Straße anzubringen. Sämtliche der beschriebenen Varianten sind in den Vereinigten Staaten von Amerika für Fußgängerüberwege 1 vorgesehen, je nach

Bundesstaat oder Kommune unterschiedlich. Ferner kann der Fußgängerüberweg 1 auch anhand einer anderen, an anderen Stellen der Welt üblichen, Markierungen markiert sein.

5 Die Erkennung des Fußgängerüberwegs 1 mittels des Sensors 23 kann beispielsweise auch anhand einer Auswertung des Musters der Straßenmarkierung erfolgen.

10 Mittels des Sensors 23 kann ebenfalls der sich dem Fußgängerüberweg 1 nähernde Fußgänger 10 erfasst werden. Dies kann beispielsweise mittels Objekterkennung oder durch Auswerten einer Bewegung eines Sensorbildes des Sensors 23 erfolgen. Die Erkennung des Fußgängerüberwegs 1 und die Erfassung des Fußgängers 10 können dabei bereits durch die Elektronik des Sensors 23 erfolgen. Alternativ können die Rohdaten des Sensors 23 an das Steuergerät 22 weitergegeben werden, wobei die Erkennung des Fußgängerüberwegs 1 und die Erfassung des Fußgängers 10 dann durch das Steuergerät 22 erfolgt. Ferner ist das Steuergerät 22 eingerichtet, eine Vorhersage einer Fußgängertrajektorie 11 des Fußgängers 10 zu treffen. Zusätzlich ermittelt das Steuergerät 22 eine Fahrzeugtrajektorie 21 zur Überquerung des Fußgängerüberwegs 1.

20 Es kann vorgesehen sein, dass bei der Vorhersage der Fußgängertrajektorie 11 ein Ort und ein Bewegungsvektor des Fußgängers 10 berücksichtigt werden, und die Fußgängertrajektorie 11 anhand dieser beiden vorhergesagt wird. Bei der Ermittlung der Fahrzeugtrajektorie 21 kann es, wie in Fig. 2 gezeigt, vorgesehen sein, dass das Fahrzeug 20 sich noch dem Fußgängerüberweg 1 nähert, also noch nicht vor dem Fußgängerüberweg 1 zum Stillstand gekommen ist. Das Steuergerät 22 ist ferner eingerichtet, in einem nächsten Verfahrensschritt anhand der Fußgängertrajektorie 11 und der Fahrzeugtrajektorie 21 eine Überquerungsentscheidung zu treffen. Die Überquerungsentscheidung kann dabei als positive Überquerungsentscheidung oder negative Überquerungsentscheidung getroffen werden. Wird eine positive Überquerungsentscheidung getroffen, so überquert das Fahrzeug 20 den Fußgängerüberweg 1 auf der Fahrzeugtrajektorie 21. Wird eine negative Überquerungsentscheidung getroffen, so wird die Fahrzeugtrajektorie 21 des Fahrzeugs derart verändert, dass das Fahrzeug 20 vor dem Fußgängerüberweg 1 abbremst und/oder zum Stillstand kommt. Dies er-

folgt durch Ausgabe eines Steuersignals an ein System zum automatisierten Ausführen mindestens einer Fahrfunktion, welches beispielsweise dem System 24 der Fig. 1 entsprechen kann.

5 Fig. 3 zeigt einen weiteren Verlauf der Verkehrssituation der Fig. 2. Da nach Auswertung der Fußgängertrajektorie 11 und der Fahrzeugtrajektorie 21 vom Steuergerät 22 festgestellt wurde, dass eine Kollision zwischen Fahrzeug 20 und Fußgänger 10 zu befürchten ist oder eine gefährliche oder unkomfortable Situation für den Fußgänger 10 entstehen würde, wenn sich das Fahrzeug einfach weiter auf der Fahrzeugtrajektorie 21 bewegen würde, wurde das Fahrzeug 20 bis
10 zum Stillstand vor dem Fußgängerüberweg 1 abgebremst. Der Fußgänger 10 hat sich auf seiner Fußgängertrajektorie 11 weiterbewegt und den Fußgängerüberweg 1 betreten. Im Steuergerät 22 des Fahrzeugs 20 wird nun eine Fahrzeugtrajektorie 21 zur Überquerung des Fußgängerüberwegs 1 berechnet. Die Fahrzeugtrajektorie 21 kommt dabei der Fußgängertrajektorie 11 noch zu nahe, so-
15 dass in der aktuellen Verkehrssituation keine positive Überquerungsentscheidung getroffen werden kann, da hierdurch der Fußgänger immer noch gefährdet werden würde oder es immer noch zu einer Kollision kommen würde.

20 Fig. 4 zeigt den weiteren Verlauf der ersten Verkehrssituation. Das Fahrzeug 20 ist vor dem Fußgängerüberweg 1 stehen geblieben, der Fußgänger 10 hat sich auf dem Fußgängerüberweg 1 weiterbewegt. Vom Steuergerät 22 wird nun weiterhin eine Fahrzeugtrajektorie 21 berechnet, auf der das Fahrzeug 20 nun den Fußgängerüberweg 1 überqueren könnte. Da durch diese Fahrzeugtrajektorie 21
25 der Fußgänger 10 nicht mehr gefährdet werden würde, es nicht zu einer gefährlichen Situation kommen würde und/oder keine Kollision zu befürchten wäre, wird nun eine positive Überquerungsentscheidung getroffen und aufgrund der positiven Überquerungsentscheidung mindestens eine Fahrfunktion des Fahrzeugs 20 derart gesteuert, dass das Fahrzeug 20 sich entlang der Fahrzeugtrajektorie 21
30 bewegt und damit den Fußgängerüberweg 1 überquert.

Ebenfalls in Fig. 4 dargestellt ist ein optionaler erster Sicherheitsbereich 12 um den Fußgänger 10 und ein optionaler zweiter Sicherheitsbereich 25 um das Fahrzeug 20. Es kann vorgesehen sein, dass der erste Sicherheitsbereich 12
35 und/oder der zweite Sicherheitsbereich 25 beim Treffen der Überquerungsent-

Scheidung berücksichtigt wird. Die Sicherheitsbereiche 12, 25 entsprechen dabei Flächen um den Fußgänger 10 beziehungsweise das Fahrzeug 20. Es kann vorgesehen sein, dass die Sicherheitsbereiche 12, 25 durch einen vorgegebenen Abstand zum Fußgänger 12 beziehungsweise zum Fahrzeug 20 bestimmt sind. Bei der Überlegung, ob eine Kollision zwischen Fußgänger 10 und Fahrzeug 20 zu befürchten ist, werden auch die Sicherheitsbereiche 12, 25 berücksichtigt. Dadurch können insbesondere zusätzlich zu Kollisionen zwischen Fußgänger 10 und Fahrzeug 20 auch gefährliche Situationen für den Fußgänger 10 und/oder unkomfortable Situationen für den Fußgänger 10 vermieden werden.

Es kann vorgesehen sein, dass bei der Ermittlung der Fahrzeugtrajektorie 21 eine Totzeit und/oder einer Motormoment und/oder ein Reibungskoeffizient und/oder ein Motorruck und/oder einer anderer Motorparameter berücksichtigt werden.

Das Erkennen des Fußgängerüberwegs 1 mittels des Sensors 23 kann beispielsweise mittels Objekterkennung des Verkehrszeichens 3 erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann das Erkennen des Fußgängerüberwegs 1 mittels eines LiDAR-Sensors erfolgen, wobei zusätzlich zusätzliche Reflektoren für das LiDAR-Signal vor dem Fußgängerüberweg analog zum Verkehrszeichen 3 vorgesehen sein können.

Fig. 5 zeigt einen alternativen weiteren Verlauf der ersten Verkehrssituation als zweite Verkehrssituation. Fig. 5 entspricht dabei teilweise der Fig. 3, der Fußgänger 10 hat sich also auf den Fußgängerüberweg 1 vor das Fahrzeug 20 bewegt. Im Unterschied zur Fig. 3 bewegt sich hier ein weiterer Fußgänger 13 ebenfalls auf den Fußgängerüberweg 1 zu. Auch der weitere Fußgänger 13, der sich dem Fußgängerüberweg 1 nähert, wird erfasst und eine weitere Fußgängertrajektorie 14 vorhergesagt. Die weitere Fußgängertrajektorie 14 verläuft ebenfalls über den Fußgängerüberweg 1. Beim Treffen der Überquerungsentscheidung berücksichtigt das Steuergerät 22 nun sowohl die Fußgängertrajektorie 11 als auch die weitere Fußgängertrajektorie 14. Dadurch wird eine positive Überquerungsentscheidung erst dann getroffen, wenn neben dem Fußgänger 10 auch der weitere Fußgänger 13 den Fußgängerüberweg 1 überquert hat. Sollten sich in der Zwischenzeit weitere Fußgänger dem Fußgängerüberweg 1 nähern, so

werden auch diese erfasst und zusätzliche Fußgängertrajektorien für diese Fußgänger vorhergesagt und bei der Überquerungsentscheidung berücksichtigt.

5 Ebenfalls in Fig. 5 dargestellt sind weitere Fahrzeugtrajektorien 26, 27, 28. In einem alternativen Ausführungsbeispiel wird nicht nur eine Fahrzeugtrajektorie 21, sondern auch die weiteren Fahrzeugtrajektorien 26, 27, 28 ermittelt. Die Fahrzeugtrajektorien 21, 26, 27, 28 sind durch Pfeile verdeutlicht, wobei unterschiedliche Längen der Pfeile eine unterschiedlich starke Beschleunigung symbolisieren sollen. In einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass die Fahrzeugtrajektorien 21, 26, 27, 28 hinsichtlich eines Fahrkomforts bewertet werden. 10 Ferner werden beim Treffen der Überquerungsentscheidung neben der Fußgängertrajektorie 11 und der Fahrzeugtrajektorie 21 auch die weiteren Fahrzeugtrajektorien 26, 27, 28 berücksichtigt. Kann für eine oder mehrere der Fahrzeugtrajektorien 21, 26, 27, 28 eine positive Überquerungsentscheidung getroffen werden, so wird für die Fahrzeugtrajektorien mit positiver Überquerungsentscheidung diejenige ausgewählt, mit der ein gewisser Mindestfahrkomfort möglich ist. Liegt ein Fahrkomfort einer der Fahrzeugtrajektorien 21, 26, 27, 28 unter dem Mindestfahrkomfort und ist für diese Fahrzeugtrajektorie 21, 26, 27, 28 eine positive Überquerungsentscheidung getroffen worden, so wird das Fahrzeug 20 trotzdem 20 nicht anhand dieser Fahrzeugtrajektorie 21, 26, 27, 28 über den Fußgängerüberweg 1 gesteuert, da die zugehörige Fahrzeugtrajektorie 21, 26, 27, 28 den Mindestfahrkomfort nicht einhält.

25 Beispielsweise kann es möglich sein, dass bei der Bewertung der in Fig. 5 dargestellten Verkehrssituation die weitere Fahrzeugtrajektorie 27 mit der größten Beschleunigung zwar dazu führen würde, dass das Fahrzeug 20 den Fußgängerüberweg 1, nachdem sich der Fußgänger 10 auf seiner Fußgängertrajektorie 11 weiterbewegt hat, überqueren könnte bevor der weitere Fußgänger 13 gefährdet werden würde. Aufgrund der hohen Beschleunigung der weiteren Fahrzeugtrajektorie 27 wird das Steuern der automatisierten Ausführung einer Fahrfunktion nun jedoch nicht ausgeführt, da die weitere Fahrzeugtrajektorie 27 aufgrund der hohen Beschleunigung den Mindestfahrkomfort nicht einhalten kann. 30 Die anderen Fahrzeugtrajektorien 21, 26, 28 führen aufgrund der möglichen Kollision mit dem weiteren Fußgänger 13 oder Gefährdung des weiteren Fußgängers 13 zu einer negativen Überquerungsentscheidung, sodass das Fahrzeug 20 35

das Überqueren des weiteren Fußgängers 13 des Fußgängerüberwegs 1 abwartet und erst anschließend eine positive Überquerungsentscheidung trifft. Eine maximale Beschleunigung des Fahrzeugs auf der weiteren Fahrzeugtrajektorie 27 könnte beispielsweise mehr als 1,7 Meter pro Sekundenquadrat betragen, während auf den anderen Fahrzeugtrajektorien 21, 26, 28 eine maximale Beschleunigung von 1,7 Meter pro Sekundenquadrat möglich ist. Ein Anfahren mit einer solchen Beschleunigung wird von den meisten Menschen als zügig, aber sicher empfunden. Für ein langsames, komfortableres Anfahren kann es vorgesehen sein, dass die Beschleunigung maximal 1,4 Meter pro Sekundenquadrat beträgt. Wenn im Fahrzeug 20 Stehplätze vorhanden sind und Personen im Fahrzeug 20 stehen, kann eine maximale Beschleunigung von 1,3 Meter pro Sekundenquadrat vorgegeben sein. Im letzten Fall kann vorgesehen sein, mittels Sensoren, beispielsweise Kameras, zu ermitteln, ob Stehplätze des Fahrzeugs 20 besetzt sind.

In einem Ausführungsbeispiel kann zusätzlich vorgesehen sein, dass der vorgegebene Mindestfahrkomfort reduziert wird, wenn eine Standdauer des Fahrzeugs einen vorgegebenen Wert überschreitet. Sollte das Fahrzeug 20 beispielsweise schon eine gewisse Zeit vor dem Fußgängerüberweg 1 gestanden haben bevor der Fußgänger 10 den Fußgängerüberweg 1 erreicht und der vorgegebene Wert für die Standdauer des Fahrzeugs bereits überschritten sein, würde dies dazu führen, dass die weitere Fahrzeugtrajektorie 27 nun aufgrund des reduzierten Mindestfahrkomforts befahren wird. Mit der weiteren Fahrzeugtrajektorie 27 wird der weitere Fußgänger 13 nicht gefährdet oder behindert. Folglich kann die weitere Fahrzeugtrajektorie 27 befahren werden, führt jedoch zu einem geringen Fahrkomfort von Insassen des Fahrzeugs 20. Dies kann bei einer entsprechend langen Standdauer in Kauf genommen werden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, je nach Standdauer des Fahrzeugs 20 den Mindestfahrkomfort schrittweise weiter zu reduzieren. Der vorgegebene Wert für die maximale Standdauer kann dabei in Abhängigkeit einer Position des Fahrzeugs 20 und einer Uhrzeit ermittelt werden. Beispielsweise kann der vorgegebene Wert zu Zeiten des Berufsverkehrs reduziert sein. Berufsverkehr findet dabei beispielsweise in den Zeiträumen Montag bis Freitag jeweils zwischen 6:00 Uhr und 9:00 Uhr sowie zwischen 16:00 Uhr und 19:00 Uhr liegen.

Der vorgegebene Wert für die maximale Standdauer kann auf Hauptverkehrsstraßen geringer sein als auf Nebenstraßen. Beispielsweise kann der vorgegebene Wert für die maximale Standdauer 30 Sekunden betragen für eine Hauptverkehrsstraße zu Zeiten des Berufsverkehrs, 60 Sekunden für Nebenstraßen zu Zeiten des Berufsverkehr und 90 Sekunden außerhalb der Zeiten des Berufsverkehrs sowohl für Hauptverkehrs als auch für Nebenstraßen.

Es kann zusätzlich vorgesehen sein, dass eine zentrale Stelle die Auslastung eines Straßennetzes ermittelt und an Fahrzeuge, die sich in diesem Straßennetz bewegen, den vorgegebenen Wert für die maximale Standdauer übermittelt. Das Fahrzeug 20 beziehungsweise das Steuergerät 22 des Fahrzeugs 20 kann dann eingerichtet sein, diesen vorgegebenen Wert zu empfangen. Dabei können auch unterschiedliche vorgegebene Werte für unterschiedliche Positionen innerhalb des Straßennetzes empfangen werden.

In einem Ausführungsbeispiel wird ein Teleoperator eingeschaltet, wenn die Standdauer des Fahrzeugs einen weiteren vorgegebenen Wert überschreitet. Der Teleoperator kann dann beispielsweise von außerhalb auf Fahrfunktionen des Fahrzeugs 20 zugreifen und das System 24 beziehungsweise das Steuergerät 22 manuell anweisen, gewisse Fahrfunktionen auszuführen.

Fig. 6 zeigt eine dritte Verkehrssituation an einem Fußgängerüberweg 1 einer Straße 2. Im Unterschied zur Verkehrssituation der Fig. 2 ist hier der Fußgänger 10 noch weiter vom Fußgängerüberweg 1 entfernt, sodass aufgrund der vorhergesagten Fußgängertrajektorie 11 und der Fahrzeugtrajektorie 21 eine positive Überquerungsentscheidung getroffen werden kann und das Fahrzeug 20 den Fußgängerüberweg 1 überqueren kann, bevor der Fußgänger 10 den Fußgängerüberweg 1 erreicht.

In Fig. 7 ist die dritte Verkehrssituation dargestellt, nachdem das Fahrzeug 20 den Fußgängerüberweg 1 erreicht hat, wobei nun der Fußgänger 10 am Straßenrand benachbart zum Fußgängerüberweg 1 angekommen ist.

Fig. 8 zeigt ein Ablaufdiagramm 30 des Verfahrens, wobei in einem Vorhersageschritt 31 eine Fußgängertrajektorie eines Fußgängers vorhergesagt wird. In ei-

5 nem Ermittlungsschritt 32 wird eine Fahrzeugtrajektorie ermittelt, wobei die Fahrzeugtrajektorie anhand aktueller Fahrzeug- und Fahrtparameter ermittelt werden kann. In einem Entscheidungsschritt 33 wird eine positive oder negative Überquerungsentscheidung anhand der Fußgängertrajektorie und der Fahrzeugtrajektorie getroffen. In einem Steuerschritt 34 wird mindestens eine Fahrfunktion des Fahrzeugs aufgrund der Überquerungsentscheidung derart gesteuert, dass das Fahrzeug sich entlang der Fahrzeugtrajektorie bewegt.

10 Ebenfalls in Fig. 8 dargestellt ist ein optionaler Erkennungsschritt 35, in dem der Fußgängerüberweg erkannt wird. Zusätzlich ist ein optionaler Erfassungsschritt 36 dargestellt, in dem ein sich dem Fußgängerüberweg nähernder Fußgänger erfasst wird.

15 Fig. 9 zeigt ein Ablaufdiagramm 30 des Verfahrens, wobei in einem Vorhersageschritt 31 eine Fußgängertrajektorie eines Fußgängers vorhergesagt wird. In einem Ermittlungsschritt 32 wird eine Fahrzeugtrajektorie ermittelt, wobei die Fahrzeugtrajektorie anhand aktueller Fahrzeug- und Fahrtparameter ermittelt werden kann. In einem Berechnungsschritt 38 wird ein erster Zeitpunkt, an dem der sich auf der Fußgängertrajektorie bewegende Fußgänger den Fußgängerüberweg erreichen wird, berechnet. In einem weiteren Berechnungsschritt 39 wird ein zweiter Zeitpunkt, an dem das sich auf der Fahrzeugtrajektorie bewegende Fahrzeug den Fußgängerüberweg verlassen wird, berechnet. In einem Entscheidungsschritt 33 wird eine positive oder negative Überquerungsentscheidung anhand des ersten Zeitpunkts und des zweiten Zeitpunkts getroffen. In einem Steuerschritt 34 wird mindestens eine Fahrfunktion des Fahrzeugs aufgrund der Überquerungsentscheidung derart gesteuert, dass das Fahrzeug sich entlang der Fahrzeugtrajektorie bewegt.

30 Ebenfalls in Fig. 9 dargestellt ist ein optionaler Erkennungsschritt 35, in dem der Fußgängerüberweg erkannt wird. Zusätzlich ist ein optionaler Erfassungsschritt 36 dargestellt, in dem ein sich dem Fußgängerüberweg nähernder Fußgänger erfasst wird.

35 Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht auf die offenbarten Beispiele einge-

schränkt und andere Variationen hieraus können vom Fachmann abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste:

	1	Fußgängerüberweg
5	2	Straße
	3	Verkehrszeichen
	10	Fußgänger
	11	Fußgängertrajektorie
10	12	erster Sicherheitsbereich
	13	weiterer Fußgänger
	14	weitere Fußgängertrajektorie
	20	Fahrzeug
15	21	Fahrzeugtrajektorie
	22	Steuergerät
	23	Sensor
	24	System
	25	zweiter Sicherheitsbereich
20	26, 27, 28	weitere Fahrzeugtrajektorie
	30	Ablaufdiagramm
	31	Vorhersageschritt
	32	Ermittlungsschritt
25	33	Entscheidungsschritt
	34	Steuerschritt
	35	Erkennungsschritt
	36	Erfassungsschritt
	38	Berechnungsschritt
30	39	weiterer Berechnungsschritt

Ansprüche

- 5 1. Verfahren zum automatisierten Ausführen einer Fahrfunktion eines Fahrzeugs (20) an einem Fußgängerüberweg (1), umfassend die folgenden Schritte:
- Vorhersage (31) einer Fußgängertrajektorie (11) eines Fußgängers (10);
 - Ermittlung (32) einer Fahrzeugtrajektorie (21) zur Überquerung des Fußgängerüberwegs (1);
 - 10 – Berechnung (38) eines ersten Zeitpunkts, an dem der sich auf der Fußgängertrajektorie (11) bewegende Fußgänger (10) den Fußgängerüberweg (1) erreichen wird;
 - Berechnung (39) eines zweiten Zeitpunkts, an dem das sich auf der Fahrzeugtrajektorie (21) bewegende Fahrzeug (20) den Fußgängerüberweg (1) verlassen wird;
 - 15 – Treffen (33) einer Überquerungsentscheidung anhand des ersten Zeitpunkts und des zweiten Zeitpunkts;
 - Ausgeben (34) eines Steuerungssignals für mindestens eine Fahrfunktion des Fahrzeuges (20) aufgrund der Überquerungsentscheidung derart, dass das Fahrzeug (20) sich entlang der Fahrzeugtrajektorie (21) bewegt.
 - 20
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, mit den zusätzlichen folgenden Schritten, die vor der Vorhersage (31) der Fußgängertrajektorie (11) ausgeführt werden:
- Erkennung (35) eines Fußgängerüberwegs (1);
 - Erfassung (36) des sich dem Fußgängerüberweg (1) nähernden Fußgängers (10);
- 30 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei bei der Vorhersage (31) der Fußgängertrajektorie (11) ein Ort und ein Bewegungsvektor des Fußgängers (10) berücksichtigt werden.
- 35 4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, wobei ein erster Sicherheitsbereich (12) um den Fußgänger (10) beim Treffen (33) der Überquerungsentscheidung berücksichtigt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein zweiter Sicherheitsbereich (25) um das Fahrzeug (20) beim Treffen (33) der Überquerungsentscheidung berücksichtigt wird.
- 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die getroffene Überquerungsentscheidung eine die Überquerung des Fußgängerüberwegs (1) zulassende positive Überquerungsentscheidung ist, wenn der erste Zeitpunkt um mindestens eine vorgegebene Sicherheitszeitreserve nach dem zweiten Zeitpunkt liegt.
- 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei mehrere Fahrzeugtrajektorien (21, 26, 27, 28) mit unterschiedlichen Fahrparametern, insbesondere mit unterschiedlichen Beschleunigungen, ermittelt werden, wobei die ermittelten Fahrzeugtrajektorien (21, 26, 27, 28) hinsichtlich eines Fahrkomforts bewertet werden, wobei für jede der Fahrzeugtrajektorien (21, 26, 27, 28) ein zweiter Zeitpunkt berechnet wird, an dem das sich auf der jeweiligen Fahrzeugtrajektorie (21, 26, 27, 28) bewegendes Fahrzeug (20) den Fußgängerüberweg (1) verlassen wird, wobei das Treffen der Überquerungsentscheidung anhand des ersten Zeitpunkts und der mehreren zweiten Zeitpunkte erfolgt, wobei das Steuern (34) der mindestens einen Fahrfunktion des Fahrzeuges (20) derart erfolgt, dass das Fahrzeug (20) sich entlang einer der mehreren Fahrzeugtrajektorien (21, 26, 27, 28) mit einem vorgegebenen Mindestfahrkomfort bewegt.
- 15
- 20
- 25
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der vorgegebene Mindestfahrkomfort reduziert wird, wenn eine Standdauer des Fahrzeuges (20) einen vorgegebenen Wert überschreitet.
- 30
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der vorgegebene Wert in Abhängigkeit von einer Position des Fahrzeuges (20) und einer Uhrzeit ermittelt wird.
- 35
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei aufgrund des vorgegebenen Mindestfahrkomforts eine Fahrzeugtrajektorie (21, 26, 27, 28) mit einer

- 24 -

Beschleunigung von maximal 1,7 Meter pro Quadratsekunde, insbesondere von maximal 1,4 Meter pro Quadratsekunde ausgewählt wird.

- 5
11. Steuergerät (22) für ein Fahrzeug (20), wobei das Steuergerät (22) eingerichtet ist, eines der Verfahren der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen.
12. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 auszuführen.
- 10
13. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 12 gespeichert ist.

Fig. 1

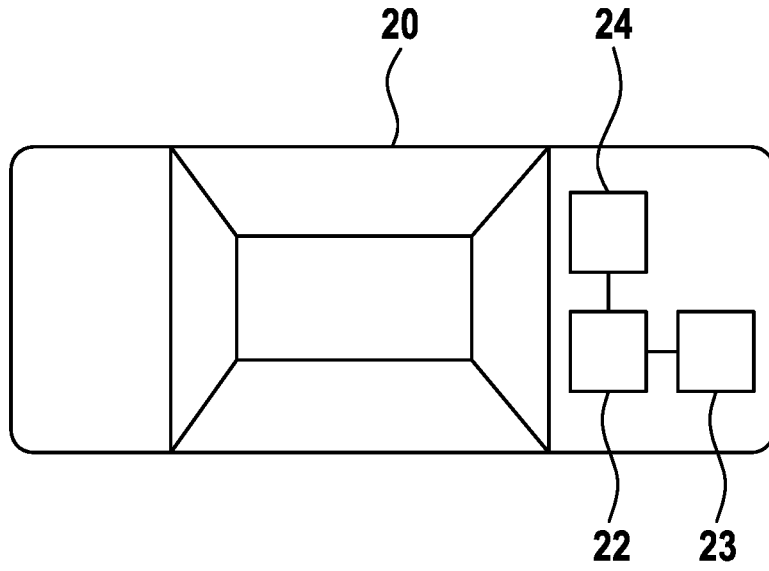


Fig. 2

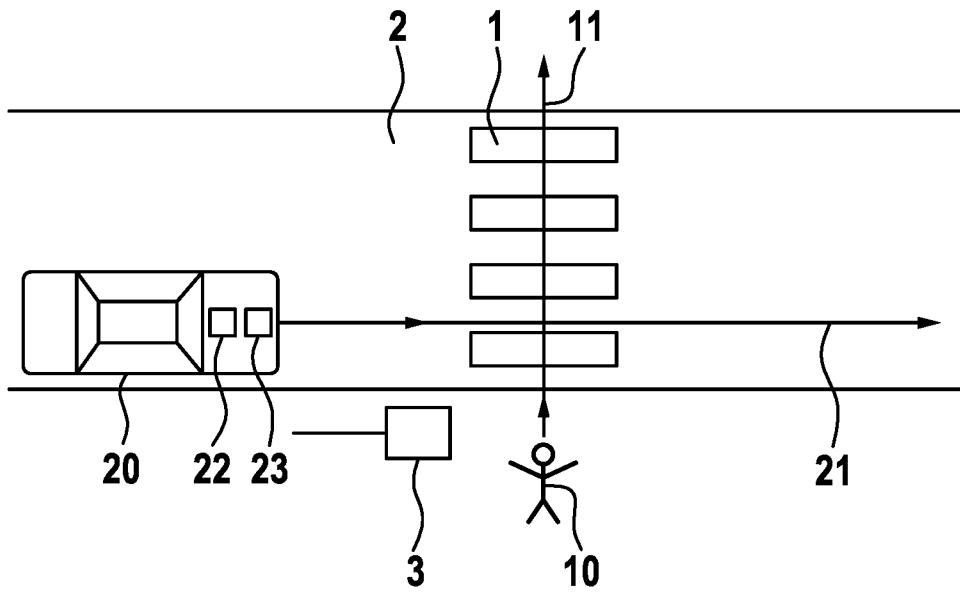


Fig. 3

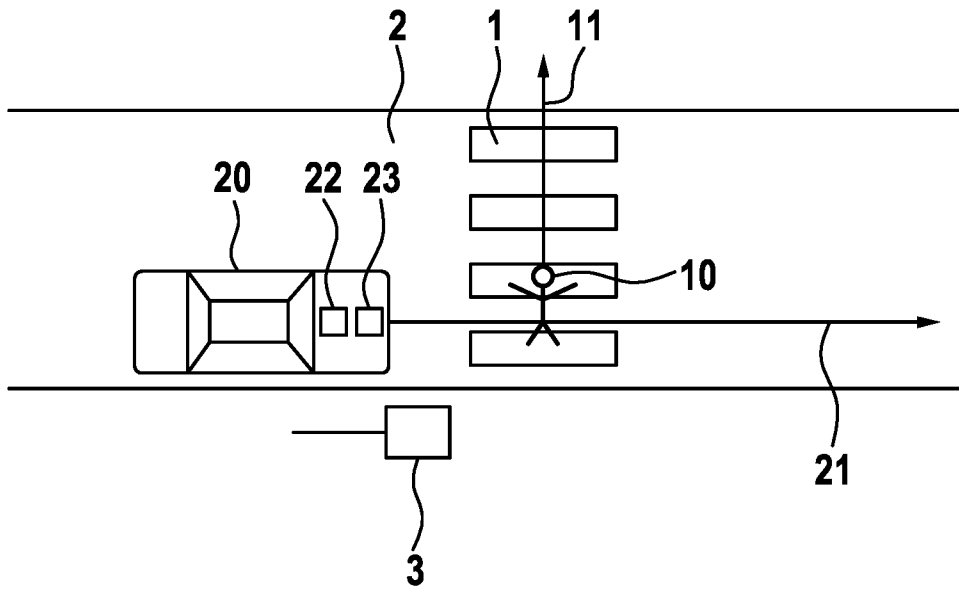


Fig. 4

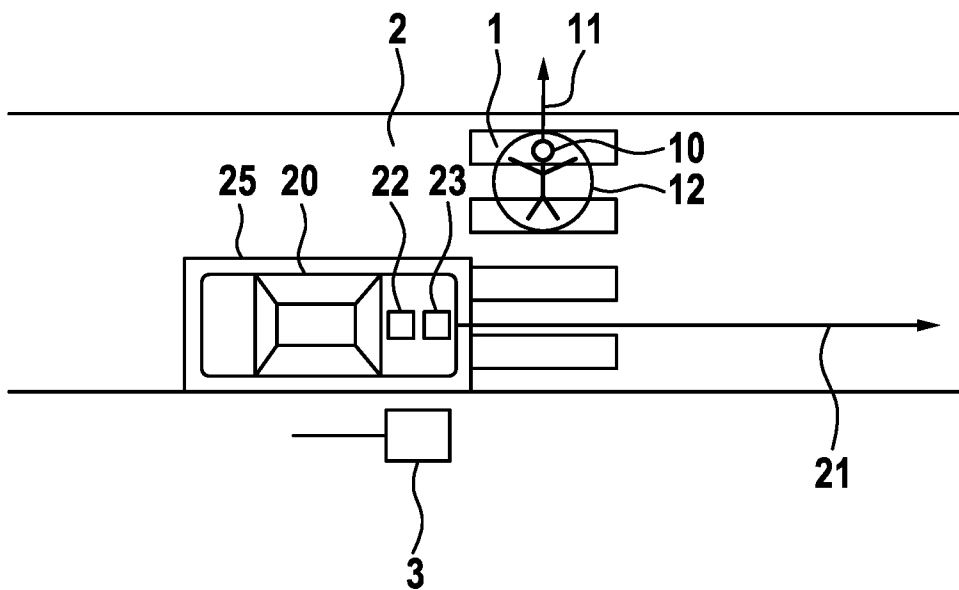


Fig. 5

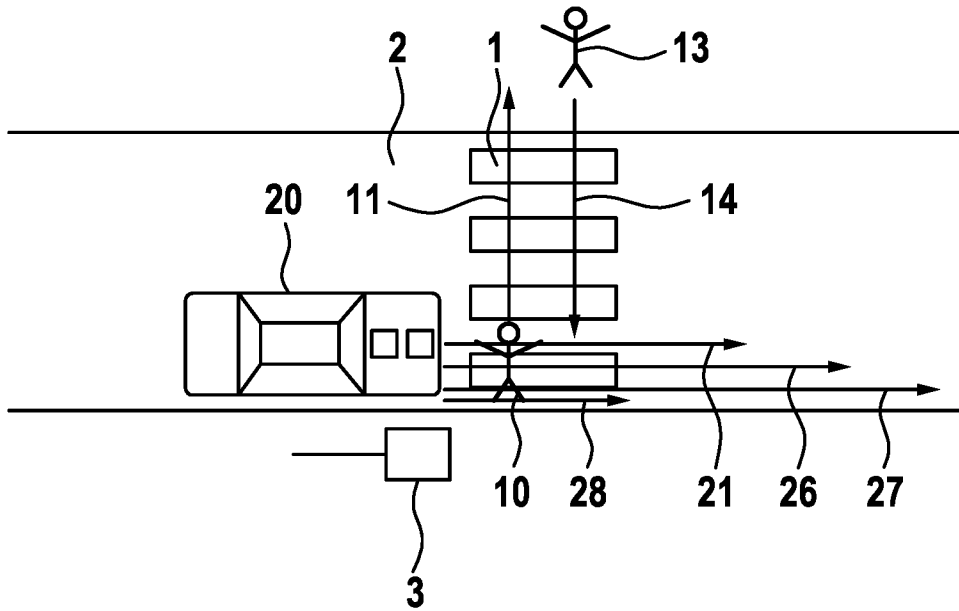


Fig. 6

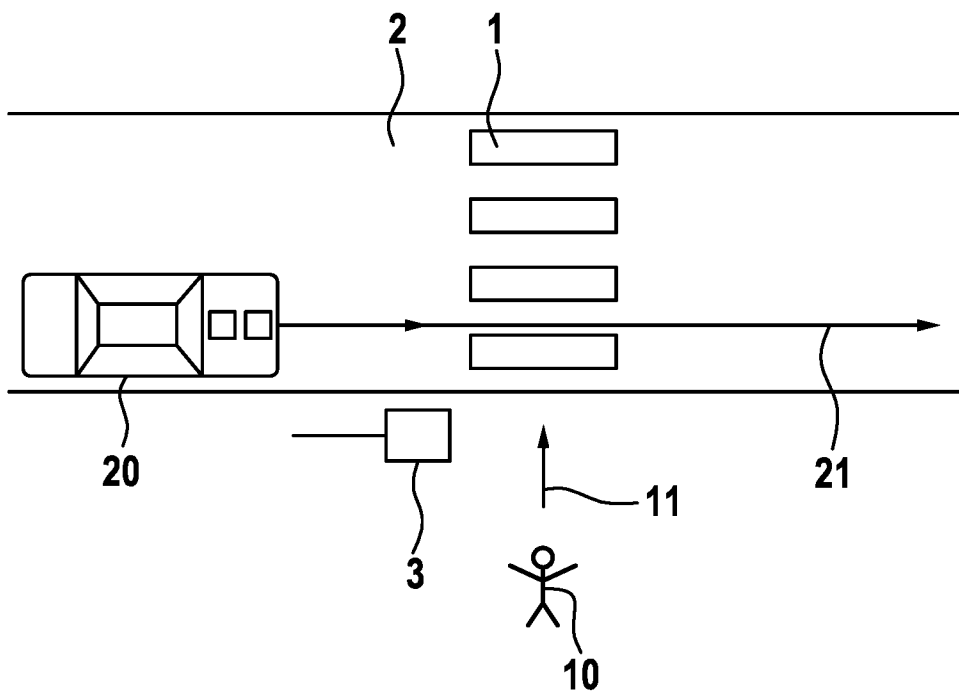


Fig. 7

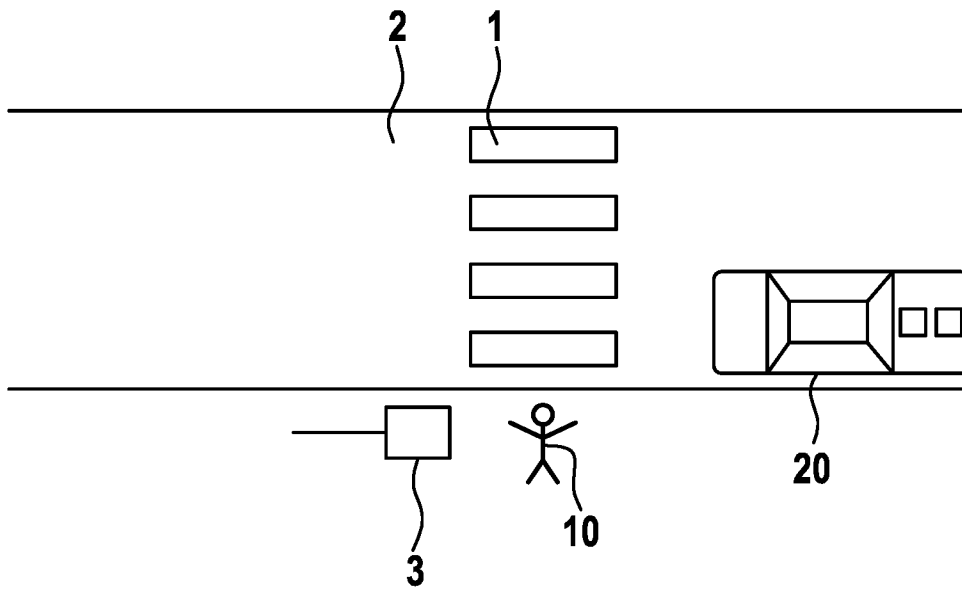


Fig. 8

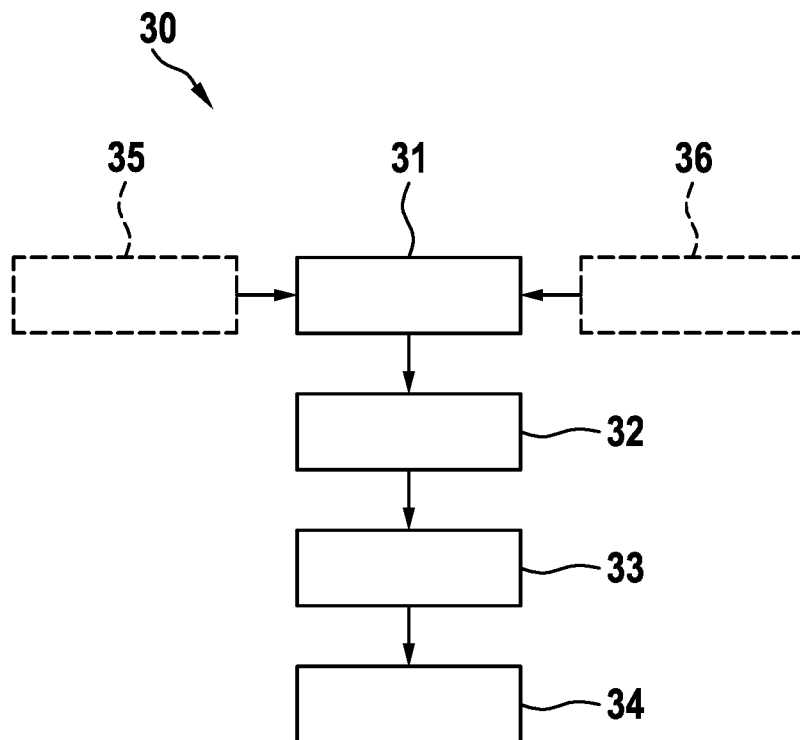
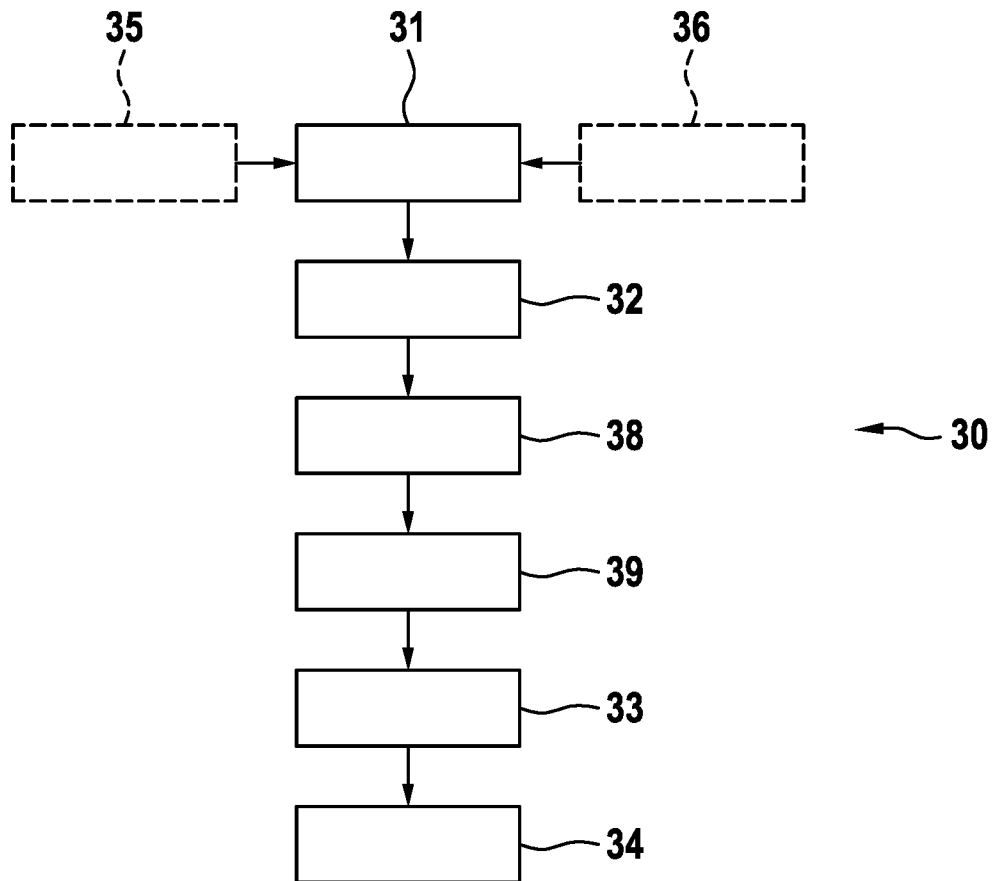


Fig. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/086244

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B60W 30/095</i> (2012.01); <i>B60W 30/09</i> (2012.01); <i>G06K 9/00</i> (2006.01); 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; G06K 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	EP 3006294 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 13 April 2016 (2016-04-13) abstract; claims 1-13; figures 1-13 paragraph [0064] - paragraph [0092]	1-13
X	US 2016335892 A1 (OKADA TAKASHI [JP] ET AL) 17 November 2016 (2016-11-17) abstract; claims 1-17; figures 1-20	1-6,11-13
X	JP 2014093040 A (TOYOTA MOTOR CORP) 19 May 2014 (2014-05-19) abstract; claims 1-4; figures 1-13	1-6,11-13
A	US 2012035846 A1 (SAKAMOTO HIROSHI [JP] ET AL) 09 February 2012 (2012-02-09) the whole document	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 08 April 2020		Date of mailing of the international search report 20 April 2020
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 Moroncini, Alessio Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/086244

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3006294	A1	13 April 2016	CN	105246755	A	13 January 2016
				EP	3006294	A1	13 April 2016
				JP	2017121933	A	13 July 2017
				JP	WO2014192370	A1	23 February 2017
				US	2016114800	A1	28 April 2016
				WO	2014192370	A1	04 December 2014
US	2016335892	A1	17 November 2016	CN	106062852	A	26 October 2016
				EP	3118835	A1	18 January 2017
				JP	6180968	B2	16 August 2017
				JP	2015170233	A	28 September 2015
				US	2016335892	A1	17 November 2016
				WO	2015136958	A1	17 September 2015
JP	2014093040	A	19 May 2014	NONE			
US	2012035846	A1	09 February 2012	JP	5210233	B2	12 June 2013
				JP	2010250501	A	04 November 2010
				US	2012035846	A1	09 February 2012
				WO	2010119860	A1	21 October 2010

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES I NV . B60W30/095 B60W30/09 G06 K9/00 ADD .		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60W G06 K		
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-Internat I , wPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 006 294 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 13. April 2016 (2016-04-13) Zusammenfassung; Ansprüche 1-13; Abbildungen 1-13 Absatz [0064] - Absatz [0092] -----	1-13
X	US 2016/335892 A1 (OKADA TAKASHI [JP] ET AL) 17. November 2016 (2016-11-17) Zusammenfassung; Ansprüche 1-17; Abbildungen 1-20 -----	1-6, 11-13
X	JP 2014 093040 A (TOYOTA MOTOR CORP) 19. Mai 2014 (2014-05-19) Zusammenfassung; Ansprüche 1-4; Abbildungen 1-13 -----	1-6, 11-13
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
8. April 2020	20/04/2020	
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 Moroncini, Alessio	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2012/035846 A1 (SAKAMOTO HIROSHI [JP] ET AL) 9. Februar 2012 (2012-02-09) das ganze Dokument -----	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/086244

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 3006294	A1	13-04-2016	CN 105246755 A	13-01-2016
			EP 3006294 A1	13-04-2016
			JP 2017121933 A	13-07-2017
			JP WO2014192370 A1	23-02-2017
			US 2016114800 A1	28-04-2016
			WO 2014192370 A1	04-12-2014

US 2016335892	A1	17-11-2016	CN 106062852 A	26-10-2016
			EP 3118835 A1	18-01-2017
			JP 6180968 B2	16-08-2017
			JP 2015170233 A	28-09-2015
			US 2016335892 A1	17-11-2016
			WO 2015136958 A1	17-09-2015

JP 2014093040	A	19-05-2014	KEINE	

US 2012035846	A1	09-02-2012	JP 5210233 B2	12-06-2013
			JP 2010250501 A	04-11-2010
			US 2012035846 A1	09-02-2012
			WO 2010119860 A1	21-10-2010
