



(11)

EP 4 350 657 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.07.2025 Patentblatt 2025/27

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
G08G 1/005^(2006.01) G08G 1/16^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23196777.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
G08G 1/005; G08G 1/163; G08G 1/166

(22) Anmeldetag: **12.09.2023**

(54) **ALARMSYSTEM ZUR WARNUNG VULNERABLER VERKEHRSTEILNEHMER IN EINEM VORGEGEBENEN STRASSENABSCHNITT**

ALARM SYSTEM FOR WARNING VULNERABLE ROAD USERS IN A PREDEFINED ROAD SECTION

SYSTÈME D'ALARME POUR AVERTIR DES USAGERS DE LA ROUTE VULNÉRABLES DANS UNE SECTION DE ROUTE PRÉDÉTERMINÉE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **05.10.2022 DE 102022210507**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.04.2024 Patentblatt 2024/15

(73) Patentinhaber: **Continental Automotive Technologies GmbH**
30175 Hannover (DE)

(72) Erfinder:
• **Dr. Senninger, Dominik**
60488 Frankfurt am Main (DE)

• **Robakowski, Mirosław**
60488 Frankfurt am Main (DE)

(74) Vertreter: **Continental Corporation**
c/o Continental Automotive Technologies GmbH
Intellectual Property
Guerickestr. 7
60488 Frankfurt am Main (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 690 396

• **GULZAR MAHIR ET AL: "A Survey on Motion Prediction of Pedestrians and Vehicles for Autonomous Driving", IEEE ACCESS, IEEE, USA, vol. 9, 5 October 2021 (2021-10-05), pages 137957 - 137969, XP011882725, DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3118224**

EP 4 350 657 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Alarmsystem zur Warnung vulnerabler Verkehrsteilnehmer in einem vorgegebenen Straßenabschnitt, umfassend eine Empfangseinheit mit einer Kommunikationsschnittstelle zum Empfangen einer Vielzahl von Bewegungsdaten von erfassten Verkehrsteilnehmern bezogen auf den Straßenabschnitt.

[0002] Die Kollisionsvermeidung ist eine Grundvoraussetzung aller Fahrer von Fahrzeugen, wie z.B. PKW, LKW, Motorrädern, während der Fahrt zu einem gewünschten Ziel. Es ist im Stand der Technik bekannt, einen Fahrzeugnutzer auf die Anwesenheit von Fahrzeugen in der Nähe aufmerksam zu machen, indem die anderen Fahrzeuge mit Sensoren, wie z. B. fahrzeugseitigen Fahrzeugradarsystemen, erfasst werden. Solche Systeme sind jedoch darauf beschränkt, andere Fahrzeuge zu erkennen, die sich innerhalb der Reichweite des Sensors befinden, typischerweise innerhalb weniger Fahrzeuglängen.

[0003] Ferner gibt es jedoch bereits Ansätze ein allgemeines System für Straßenabschnitte zur Erhöhung der Sicherheit auf einem Straßennetz anzugeben.

[0004] So offenbart die US 9,659,496 B2 ein Verfahren und ein System zur Erhöhung der Sicherheit auf einem Straßennetz, umfassend: einen Interaktionsdetektor mit einer Kommunikationsschnittstelle zum Empfangen einer Vielzahl von Überwachungsvektoren von einem ersten Fahrzeug und einem zweiten Fahrzeug, die sich auf dem Straßennetz bewegen;
ein Interaktionsrisikomodul, das dafür ausgelegt ist, aus der Vielzahl von Überwachungsvektoren zu bestimmen, ob es eine Interaktion zwischen dem ersten Fahrzeug und dem zweiten Fahrzeug gibt, wobei die Interaktion ohne Nutzung einer Vorabkenntnis einer vorgeplanten Route von jedem von dem ersten Fahrzeug und dem zweiten Fahrzeug auf dem Straßennetz bestimmt wird, und einen Nachrichtengenerator, der dafür ausgelegt ist, als Reaktion darauf, dass durch das Interaktionsrisikomodul eine Interaktion bestimmt wird, eine Nachricht an wenigstens das zweite Fahrzeug zu erzeugen und die Nachricht über die Kommunikationsschnittstelle an das zweite Fahrzeug zu senden.

[0005] Die EP 3 690 396 A1 offenbart ein Verfahren zum Bereitstellen eines fortschrittlichen Fußgängerassistenzsystems zum Schutz eines Fußgängers, der mit einem Smartphone beschäftigt ist. Das Verfahren weist folgende Schritte auf: das Smartphone weist eine Ortungseinheit an, erste Informationen zu erfassen, einschließlich Standort- und Geschwindigkeitsinformationen des Fußgängers sowie Standort- und Geschwindigkeitsinformationen des Smartphones; Anweisung an eine Erkennungseinheit, zweite Informationen zu erfassen, einschließlich des Gefahrenstatus von Gefahrenbereichen in der Nähe des Fußgängers sowie Standortinformationen und Geschwindigkeitsinformationen gefährlicher Objekte, dabei Bezugnehmend auf Bilder, die

von Telefonkameras aufgenommen wurden, die mit dem Smartphone verbunden sind, und Bezugnehmend auf die ersten Informationen; Anweisung an ein Steuergerät, anhand der ersten und zweiten Informationen einen Grad der Fußgängersicherheit des Fußgängers zu berechnen und über das Smartphone eine Gefahrenwarnung an den Fußgänger zu übermitteln. In der Nichtpatentliteratur "A Survey on Motion Prediction of Pedestrians and Vehicles for Autonomous Driving" (M. Gulzar, Y. Muhammad and N. Muhammad, IEEE Access, Vol. 9, Seiten 137957-137969, 2021), wird Literatur zum Thema sichere automatisierte Fahrplanung für autonome Fahrzeuge zusammengefasst. Insbesondere werden Modelle zur Bewegungsvorhersage für Fußgänger und Fahrzeuge diskutiert, welche Physik-basiert, lernbasiert oder szenenbasiert arbeiten.

[0006] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung ein verbessertes, allgemeines, fahrzeugunabhängiges Alarmsystem zur Warnung vulnerabler Verkehrsteilnehmer in einem vorgegebenen Straßenabschnitt anzugeben.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Alarmsystem zur Warnung vulnerabler Verkehrsteilnehmer in einem vorgegebenen Straßenabschnitt,

umfassend eine Empfangseinheit mit einer Kommunikationsschnittstelle zum Empfangen einer Vielzahl von Bewegungsdaten von erfassten Verkehrsteilnehmern bezogen auf den Straßenabschnitt, und wobei

eine Speichereinheit vorgesehen ist, welche zumindest drei oder mehr Prädiktionsmodule mit absteigender Prädiktionsqualität aufweist und wobei das erste Prädiktionsmodul dazu ausgebildet ist, zumindest eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn bestimmte erste Bedingungen erfüllt sind und wobei das zweite Prädiktionsmodul dazu ausgebildet ist, zumindest eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn die ersten Bedingungen nicht erfüllt sind und lediglich bestimmte zweite Bedingungen erfüllt sind, und wobei das dritte Prädiktionsmodul dazu ausgebildet ist, zumindest eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn die ersten Bedingungen als auch die zweiten Bedingungen nicht erfüllt sind, und wobei

ein Prüfungsmodul vorgesehen ist, welches dafür ausgelegt ist, zu prüfen, ob die ersten Bedingungen oder die zweiten Bedingungen oder die dritten Bedingungen in Bezug auf den Straßenabschnitt und den Verkehrsteilnehmer erfüllt sind und in absteigender Qualitätsreihenfolge und je nach erfüllten Bedingungen das Prädiktionsmodul mit der höchsten Prädiktionsqualität auszuwählen, und wobei ein Prozessor vorgesehen ist, welcher zur Prädiktion zumindest der zukünftigen Position der erfassten Verkehrsteilnehmer anhand des ausgewählten Prädik-

tionsmoduls ausgebildet ist.

[0008] Straßenabschnitte können die aktuellen Straßenabschnitte (Standorte) sein oder ein Straßenabschnitt kann stellvertretend für andere herangezogen werden wie beispielsweise genügend ähnliche Kreisverkehre/Kreuzungen etc.

[0009] Straßenabschnitte können dabei einzelne Abschnitte eines Straßennetzes oder mehrere Straßen umfassen.

[0010] Insbesondere umfassen die ersten Bedingungen die zweiten Bedingungen.

[0011] Das Alarmsystem kann dabei beispielsweise an einem Infrastrukturelement, wie einer Ampel, an dem Straßenabschnitt angeordnet sein oder beispielsweise in einer Cloud oder Edge Cloud etc. ausgeführt werden.

[0012] Die Bewegungsdaten können beispielsweise von den Fahrzeugen selbst als aufgenommene Sensordaten, beispielsweise von einem vorausliegenden Umfeld, stammen oder aber durch Kamerasysteme, welche den Straßenabschnitt im Gesamten umfassen. Diese Kamerasysteme können beispielsweise in einer Ampel angeordnet sein. Aus diesen Sensordaten können mittels herkömmlicher Extraktionsmethoden die Verkehrsteilnehmer sowie die zu ihnen zugehörigen Bewegungsdaten (Trajektorien) extrahiert werden. Diese Sensordaten werden dabei bevorzugt in Echtzeit übermittelt und ausgewertet. Aus den extrahierten Sensordaten kann beispielsweise eine zurückliegende kurze Bewegungstrajektorie der Verkehrsteilnehmer als Bewegungsdaten erstellt werden.

[0013] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass es ein großes Problem darstellt, dass die bisherige Bewertung, ob eine Situation potenziell gefährlich ist, lediglich mit sehr einfachen Methoden durchgeführt wird. So wird entweder nur die aktuelle Position der Verkehrsteilnehmer benutzt oder eine einfache Extrapolation von aktuellen Bewegungsvektoren/Bewegungstrajektorien durchgeführt. Dies führt jedoch zu dem Problem, dass Warnungen bei Gefahrensituationen erst dann ausgegeben werden, wenn sich die Verkehrsteilnehmer bereits (zu) nahegekommen sind. Durch diese sehr späte Warnung kann jedoch nicht mehr oder nur sehr schwer von Seiten der Verkehrsteilnehmer reagiert werden, wodurch sich die Situation sogar noch verschärfen kann (Notbremsung, falsche Ausweichmanöver).

[0014] Ferner lässt eine einfache und ausschließliche Extrapolation der Bewegungsvektoren als weiteres Problem nur eine sehr ungenaue Vorhersage zu. Dies führt zu einer Unmenge von unnötigerweise ausgelösten Warnungen, was einen Benutzer/Fahrzeugnutzer dazu veranlassen kann, ein solches Warnsystem zu deaktivieren oder welches unnötig den Fahrzeugnutzer vom Verkehrsgeschehen zu oft ablenkt, wodurch selber gefährliche Situationen hervorgerufen werden können.

[0015] Durch das erfindungsgemäße Alarmsystem werden diese Probleme nun behoben. Durch das erfindungsgemäße Alarmsystem kann die zukünftige Posi-

tion der Verkehrsteilnehmer sehr zuverlässig erkannt werden. Dadurch kann anschließend eine potenziell gefährliche Situation zuverlässiger erkannt werden.

[0016] So werden zumindest drei Prädiktionsmodule mit unterschiedlicher absteigender Prädiktionsqualität bereitgestellt, welche eine zuverlässige Vorhersage in Abhängigkeit von denjenigen Bedingungen, die auf den Straßenabschnitt und Verkehrsteilnehmer gerade zutreffen, liefern.

[0017] Dabei wurde erkannt, dass die unterschiedlichen Prädiktionsmodule mit unterschiedlichen Prädiktionsqualitäten jeweils unterschiedliche Voraussetzungen/Bedingungen benötigen. Dabei bedeutet absteigend, dass das erste Prädiktionsmodul eine höhere Prädiktionsqualität als das zweite Prädiktionsmodul, und das zweite Prädiktionsmodul eine höhere Prädiktionsqualität als das dritte Prädiktionsmodul aufweist.

[0018] Durch das erfindungsgemäße Alarmsystem wird stets auf dasjenige Prädiktionsmodul mit höchster Prädiktionsqualität zurückgegriffen, in diesem Fall auf das erste Prädiktionsmodul mit den ersten Bedingungen, und, falls dies nicht möglich ist, da die ersten Bedingungen nicht erfüllt sind, auf das Prädiktionsmodul mit weniger Bedingungen zurückgegriffen, in diesem Fall auf das zweite Prädiktionsmodul mit den zweiten Bedingungen und erst wenn keine der beiden ersten oder zweiten Bedingungen erfüllt sind, auf ein drittes Prädiktionsmodul. Dadurch ergibt sich, in Abhängigkeit von den auf diesem Straßenabschnitt vorherrschenden Bedingungen, stets eine Prädiktion mit für diesen Straßenabschnitt höchster Prädiktionsqualität. Dadurch kann die Position der Verkehrsteilnehmer genauer und mit höherer Wahrscheinlichkeit als im Stand der Technik vorhergesagt werden, wodurch sich auch zukünftige Gefahrensituationen besser und mit höherer Wahrscheinlichkeit bestimmen lassen.

[0019] In weiterer Ausbildung umfasst die Prädiktionsqualität zumindest die Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder die Genauigkeit einer zukünftigen Position eines Verkehrsteilnehmers. Kann keine Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmt werden, so kann diese grob geschätzt werden. Ferner können auch noch andere Prädiktionsqualitäten wie Auflösung und Vorhersagezeitraum umfasst sein. Insbesondere sind die Prädiktionsmodule dazu ausgelegt, die Positionen der Verkehrsteilnehmer möglichst zuverlässig in einem Zeitraum bis zu 5 Sekunden vorherzusagen. Wenn nun die zukünftigen Positionen der Verkehrsteilnehmer, beispielsweise mit einer Auflösung von 200ms und einem Vorhersagehorizont von 5s mit zugehörigen Wahrscheinlichkeiten und Genauigkeiten bekannt sind, können daraus potenzielle zukünftige gefährliche Situationen genauer und zuverlässiger bestimmt werden.

[0020] In weiterer Ausbildung umfassen die Bewegungsdaten zumindest die aktuelle und vorherige Position, Geschwindigkeit und Richtung eines Verkehrsteilnehmers über eine kurze Zeitdauer, insbesondere eine gerade zurückliegende Zeitdauer bis zu einem aktuellen

Zeitpunkt. Dabei können Sensordaten in Echtzeit mittels am Fahrzeug angeordneten Sensoren, Drohne oder Kameras/Sensoren in den entsprechenden Verkehrsleitsystemen, beispielsweise Ampeln, einfach und zuverlässig erfasst werden und die Bewegungsdaten als extrahierte Trajektorie der Verkehrsteilnehmer aus diesen Sensordaten erkannt werden.

[0021] In weiterer Ausgestaltung umfassen die Bewegungsdaten Daten aus weiteren Datenquellen, welche zur Verkehrsführung in dem betreffenden Straßenabschnitt dienen. Das Alarmsystem kann somit weitere Datenquellen verwenden, sofern diese verfügbar sind. So kann beispielsweise die Vorhersage bzw. die Genauigkeit der Bewegungsdaten durch die Verwendung von Daten wie einer aktuellen und zukünftigen Ampelschaltung weiter verbessert werden.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung umfasst das erste Prädiktionsmodul als erste Bedingung ein trainiertes künstliches neuronales Netz für den Straßenabschnitt oder einen genügend ähnlichen Straßenabschnitt sowie eine HD (hochauflösende)-Karte für den betreffenden Straßenabschnitt, wobei das erste Prädiktionsmodul dazu ausgebildet ist, die Prädiktion eines Verkehrsteilnehmers für den Straßenabschnitt anhand des trainierten künstlichen neuronalen Netzes mit den Bewegungsdaten des Verkehrsteilnehmers und der HD-Karte zu bewerkstelligen. Dadurch kann eine sehr genaue Vorhersage getroffen werden. Dabei ist eine HD-Karte eine hochauflösende High-Definition Karte, welche ein aktuelles Abbild der Wirklichkeit inklusive Leitplanken, Bäumen, Gräben und anderen verkehrsrelevanten Objekten wie Fußgängerwegen und Zebrastreifen umfasst.

[0023] Die Bewegungsdaten werden unter Verwendung der aktuellen Standorte der Verkehrsteilnehmer in der HD-Karte in das trainierte künstliche neuronale Netz eingegeben, welches eine sehr genaue Prädiktion der Verkehrsteilnehmer liefert. Dabei ist das hingehend einer solchen Prädiktion antrainierte künstliche neuronale Netz insbesondere mittels historischer Daten trainiert worden, so dass eine genaue Prädiktion ermöglicht wird.

[0024] In weiterer Ausbildung ist das künstliche neuronale Netz lediglich für spezielle Fälle in Bezug auf bestimmte Verkehrsteilnehmer und deren zukünftige Positionen trainiert. Diese speziellen Fälle können beispielsweise eine Vorhersage, ob ein Fahrzeug abbiegen oder geradeaus fahren wird, sein. Die Anwendung auf Spezialfälle hat den Vorteil, dass für das Training weniger historische Daten benötigt werden, da insbesondere gerade für die Anwendung maschineller Lernmethoden die Menge der verfügbaren Daten eine Begrenzung darstellt.

[0025] In weiterer Ausbildung umfasst das zweite Prädiktionsmodul als zweite Bedingung eine HD-Karte für den Straßenabschnitt, wobei das zweite Prädiktionsmodul dazu ausgebildet ist, die Prädiktion eines Verkehrsteilnehmers für den Straßenabschnitt anhand der HD-Karte für den Straßenabschnitt unter Verwendung der

Bewegungsdaten des Verkehrsteilnehmers durchzuführen.

[0026] Ist für den oder einen ähnlichen Straßenabschnitt kein künstliches neuronales Netz vorhanden, so kann mittels des zweiten Prädiktionsmoduls eine Prädiktion mit Hilfe einer vorhandenen HD-Karte durchgeführt werden. Hierbei werden anhand der Bewegungsdaten, also der aktuellen und vorherigen Positionen und der Bewegungsrichtungen mögliche zukünftige Positionen (zukünftige Trajektorien) beispielsweise auf Fahrspuren/Gehwegen bestimmt und mit Wahrscheinlichkeiten versehen. Dazu wird eine weitere Bewegung des Verkehrsteilnehmers angenommen, um die zukünftigen Positionen und zukünftigen Bewegungsrichtungen zu erhalten.

[0027] Dabei umfasst in einer weiteren Ausbildung eine hochpräzise HD-Karte zumindest die Straßen als auch die Gehwege und die Verkehrsführungselemente, wie Zebrastreifen. Dabei bilden hochpräzise HD-Karten ein Straßennetz hochgenau, beispielsweise zentimetergenau, ab.

[0028] In einer weiteren Ausgestaltung ist das dritte Prädiktionsmodul dazu ausgebildet, die Prädiktion eines Verkehrsteilnehmers für den Straßenabschnitt anhand einer Extrapolation unter Verwendung der Bewegungsdaten des Verkehrsteilnehmers zu bewerkstelligen. Dies entspricht einer einfachen Extrapolation der Bewegungsvektoren/Trajektorien. Dies kann insbesondere auch dann zur Anwendung kommen, wenn beispielsweise ein Verkehrsteilnehmer sich auf keinem üblicherweise benutzten Weg befindet, beispielsweise wenn ein Fußgänger die Straße an einer verbotenen Stelle überquert.

[0029] Ferner kann der Prozessor dazu ausgebildet sein, die Prädiktion jeder Verkehrsteilnehmer paarweise zur Bestimmung potenziell gefährlicher Situationen in korrespondierenden Zeitschritten zu vergleichen. Sind die zukünftigen Positionen der Verkehrsteilnehmer beispielsweise mit einem Vorhersagehorizont von 5s sowie mit zugehörigen Wahrscheinlichkeiten und Genauigkeiten bekannt, können daraus potenziell zukünftige gefährliche Situationen berechnet werden. Dazu können für jeden Zeitschritt in der Zukunft paarweise die Vorhersagen/Prädiktionen der Verkehrsteilnehmer verglichen werden.

[0030] In weiterer Ausbildung ist der Prozessor dazu ausgebildet, die Gefährlichkeit einer Situation mittels zumindest einem der nachfolgenden Faktoren zu bestimmen: der Größe eines Überlappungsbereiches zwischen zwei Verkehrsteilnehmern und/oder anhand einer zukünftigen Beschleunigung eines Verkehrsteilnehmers und/oder anhand eines zukünftigen Winkels zwischen zwei Verkehrsteilnehmern und/oder die Zeit bis zu einer möglichen Kollision zwischen zwei Verkehrsteilnehmern und/oder in Abhängigkeit von den verwendeten Fahrspuren der Verkehrsteilnehmer.

[0031] So bedeutet ein größerer Überlappungsbereich zwischen zwei Verkehrsteilnehmern eine höhere Gefahr.

Ebenfalls einer höheren Gefahr entspricht es, wenn die zukünftige Geschwindigkeit einer der Verkehrsteilnehmer sich erhöht, insbesondere bei einer signifikanten Beschleunigung. Auch kann der zukünftige Winkel zwischen den Verkehrsteilnehmern betrachtet werden; so bedeutet eine Annäherung direkt von hinten meist geringe Gefahr, da davon ausgegangen werden kann, dass der von hinten sich nähernde Verkehrsteilnehmer den vor sich Fahrenen bemerkt. Bei Annäherung von der Seite (Winkel ungleich Null) oder erwarteter Änderung der Bewegungsrichtung ist hingegen von einer höheren Gefahr auszugehen. Ebenfalls kann die Zeit bis zu einer erwarteten Kollision betrachtet werden; so bedeutet geringere Zeit bis zur Kollision bei sicherer Vorhersage auch weniger Zeit zur Reaktion und damit eine höhere Gefahr.

[0032] Ebenfalls können die verwendeten Fahrspuren zweier Verkehrsteilnehmer betrachtet werden; so wird bei Verwendung der gleichen Fahrspur von einer tendenziell geringen Gefahr ausgegangen, da die eigene Fahrspur gewöhnlich stets im Blick ist und von einer höheren Gefahr bei sich kreuzenden Fahrspuren, insbesondere wenn sich Fahrradweg und Straße kreuzen.

[0033] Insbesondere kann eine Kombination von den Faktoren herangezogen werden, um eine gefährliche Situation sicher zu erkennen.

[0034] In weiterer Ausgestaltung ist der Prozessor dazu ausgebildet, bei der Bestimmung der Gefährlichkeit einer Situation die Art der Verkehrsteilnehmer als weiteren Faktor zu berücksichtigen. So ist eine Gefahr zwischen zwei Fußgängern selbst bei sehr großer Überlappung, beispielsweise an einer Ampel, nahezu auszuschließen; jedoch ist eine hohe Gefahr bei Beteiligung eines Fahrzeugs/LKWs anzunehmen.

[0035] Ferner ist in einer weiteren Ausgestaltung der Prozessor dazu ausgebildet, erkannte gefährliche Situationen mittels eines Bewertungswertes zu bewerten. Dieser kann anhand der erkannten obigen Faktoren, wie Größe des Überlappungsbereiches etc., einfach bestimmt werden, d.h. aus diesen Faktoren wird nun eine Bewertung bestimmt, wie gefährlich die zukünftigen Situationen sind.

[0036] In weiterer Ausbildung ist der Prozessor dazu ausgebildet, ab Überschreiten eines vorgegebenen Schwellenwertes in Bezug auf den Bewertungswert, einen Alarm zumindest an die an der gefährlichen Situation beteiligten Verkehrsteilnehmer zu übermitteln. Falls ein gewisser Schwellenwert überschritten wird, wird ein Alarm an die beteiligten Verkehrsteilnehmer geschickt. Insbesondere umfasst dieser Alarm zumindest eine Nachricht und den Bewertungswert. Daher können auf dem Endgerät der Verkehrsteilnehmer beispielsweise zusätzlich die übermittelten Alarme herausgefiltert werden, die eine geringe Bewertung haben. Dies ermöglicht es dem Fahrzeugnutzer, selbst darauf Einfluss zu nehmen, wie viele Alarme angezeigt werden. So kann ein risikobereiter Fahrzeugnutzer es verhindern, subjektiv zu viele Alarme angezeigt zu bekommen.

[0037] Weitere Vorteile und Eigenschaften der Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung hervor, in der Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung im Einzelnen erläutert werden. Es zeigen schematisch:

FIG 1: schematisch das Alarmsystem,
FIG 2: eine Prädiktion mit dem ersten Prädiktionsmodul,
FIG 3: eine Prädiktion mit dem zweiten Prädiktionsmodul,
FIG 4: eine Prädiktion mit dem dritten Prädiktionsmodul.

[0038] FIG 1 zeigt schematisch das Alarmsystem 1 zur Warnung vulnerabler Verkehrsteilnehmer in einem vorgegebenen Straßenabschnitt 2 (FIG 2). Das Alarmsystem 1 kann beispielsweise am Straßenrand in einem Infrastrukturelement wie einer Ampel integriert sein oder in einer Cloud oder Edge Cloud.

[0039] Das Alarmsystem 1 umfasst dabei eine Empfangseinheit 4 mit einer Kommunikationsschnittstelle 3 zum Empfangen einer Vielzahl von Bewegungsdaten von erfassten Verkehrsteilnehmern bezogen auf den Straßenabschnitt 2. Diese Bewegungsdaten können als Sensordaten ausgebildet sein oder aus diesen extrahiert sein, welche von an den Fahrzeugen angeordneten Lidar-/Radar- und Kamerasystemen stammen oder beispielsweise von Sensorsystemen, welche an den umliegenden Infrastrukturelementen, wie Verkehrsampeln, angeordnet sind. Aus diesen Sensordaten können die Verkehrsteilnehmer sowie deren Bewegungsdaten, insbesondere Bewegungstrajektorien, extrahiert werden. Die Extraktion und Übertragung erfolgt dabei in Echtzeit. Die Bewegungsdaten umfassen dabei zumindest die aktuelle und vorherige Position, Geschwindigkeit und Richtung eines Verkehrsteilnehmers über eine kurze Zeitdauer mit einem jeweiligen Zeitstempel.

[0040] Das Alarmsystem 1 kann zudem weitere Datenquellen verwenden, sofern diese verfügbar sind. So können z.B. die Bewegungsdaten durch die Verwendung von Daten der aktuellen und zukünftigen Ampelschaltung weiter verbessert werden und somit auch die Vorhersage später verbessert werden.

[0041] Ferner weist das Alarmsystem 1 eine Speichereinheit 10 auf. In dieser sind zumindest drei Prädiktionsmodule 5,6,7 gespeichert, wobei das erste Prädiktionsmodul 5 die höchste Prädiktionsqualität und das dritte Prädiktionsmodul 7 die niedrigste Prädiktionsqualität aufweist.

[0042] Die drei Prädiktionsmodule 5,6,7 können dabei als Softwaremodule ausgeführt sein.

[0043] Ferner können ebenfalls noch weitere Prädiktionsmodule gespeichert sein.

[0044] Dabei ist jedes der Prädiktionsmodule 5,6,7 dazu ausgebildet, eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn bestimmte an das Prädiktionsmodul 5,6,7 gekoppelte Bedingun-

gen erfüllt sind. Für die Vorhersage stehen nun mehrere Prädiktionsmodule 5,6,7 zur Verfügung, die unterschiedliche Prädiktionsqualität aufweisen, aber auch unterschiedliche Voraussetzungen (Bedingungen) benötigen.

[0045] Dabei kann die Prädiktionsqualität anhand einer Auflösung, sowie einen Vorhersagehorizont mit zugehörigen Wahrscheinlichkeiten und eine Genauigkeit in Bezug auf zumindest die zukünftige Position eines Verkehrsteilnehmers bestimmt werden. So umfasst eine hohe Prädiktionsqualität eine hohe Auflösung, beispielsweise eine von 200ms sowie einen Vorhersagehorizont von 5s mit zugehörigen Wahrscheinlichkeiten und entsprechenden Genauigkeiten.

[0046] Dabei ist das erste Prädiktionsmodul 5 dazu ausgebildet, zumindest eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn bestimmte erste Bedingungen erfüllt sind.

[0047] Dabei benötigt das erste Prädiktionsmodul 5 als erste Bedingung ein trainiertes künstliches neuronales Netz 8 für den Straßenabschnitt 2 oder einen genügend ähnlichen Straßenabschnitt sowie eine HD-Karte 9 für den betreffenden Straßenabschnitt 2. Dies bedeutet, dass zuvor für diesen Straßenabschnitt 2 ein künstliches neuronales Netz 8 vorab trainiert werden muss, sowie eine HD-Karte 9 vorhanden sein muss. Dabei ist eine HD-Karte 9 eine hochauflösende High-Definition Karte, welche zumindest die Straßen als auch die Gehwege und die Verkehrsführungselemente, wie Zebrastreifen, hochpräzise und zentimetergenau abbildet.

[0048] Dabei kann das künstliche neuronale Netz 8 unter Verwendung historischer Daten antrainiert worden sein.

[0049] Es ist auch möglich, das erste Prädiktionsmodul 5 nur für spezielle Fälle, beispielsweise die Vorhersage, ob ein Fahrzeug abbiegen oder geradeaus fahren wird, heranzuziehen. Die Anwendung auf Spezialfälle hat den Vorteil, dass für das Training weniger historische Daten benötigt werden, wodurch Zeit und Kosten gespart werden.

[0050] Dabei ist das zweite Prädiktionsmodul 6 dazu ausgebildet, zumindest eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn die ersten Bedingungen nicht erfüllt sind und lediglich bestimmte zweite Bedingungen erfüllt sind. Dabei entsprechen die zweiten Bedingungen einem Vorhandensein einer HD-Karte 9 für den entsprechenden Straßenabschnitt 2. Hierbei werden anhand der aktuellen und vorherigen Positionen und Bewegungsrichtungen mögliche Fahrspuren berechnet und mit Wahrscheinlichkeiten versehen. Dann wird eine weitere Bewegung des Verkehrsteilnehmers auf den gefundenen Fahrspuren angenommen, um die zukünftigen Positionen und Bewegungsrichtungen zu erhalten.

[0051] Ferner ist das dritte Prädiktionsmodul 7 dazu ausgebildet, die Prädiktion eines Verkehrsteilnehmers für den Straßenabschnitt 2 anhand einer Extrapolation unter Verwendung der Bewegungsdaten des Verkehrsteilnehmers zu bewerkstelligen. Dies kann auch ohne

HD-Karte 9 und ohne künstliches neuronales Netz 7 bewerkstellt werden. Dies entspricht einer einfachen Extrapolation der Bewegungsvektoren/Trajektorien. Dies kann insbesondere auch dann zur Anwendung kommen, wenn beispielsweise ein Verkehrsteilnehmer sich auf keinem üblicherweise benutzten Weg befindet, beispielsweise wenn ein Fußgänger die Straße an einer verbotenen Stelle überquert.

[0052] Ferner ist ein Prüfungsmodul 15 vorhanden, welches dafür ausgelegt ist, zu prüfen ob die ersten oder die zweiten oder die dritten Bedingungen in Bezug auf den Straßenabschnitt 2 und den Verkehrsteilnehmer vorhanden sind und dabei in absteigender Qualitätsreihenfolge und je nach vorhandenen Bedingungen das entsprechende Prädiktionsmodul 5,6,7 in absteigender Qualitätsreihenfolge auswählt.

[0053] Das Prüfungsmodul 15 versucht somit immer, zunächst das erste Prädiktionsmodul 5 zu verwenden, da dieses die höchste Prädiktionsqualität aufweist und erst anschließend, falls die ersten Bedingungen wie künstliches neuronales Netz 8 nicht gegeben sind, auf das zweite Prädiktionsmodul 6 zurückzugreifen, mit den zweiten Bedingungen, hier der HD-Karte 9. Ist für den Straßenabschnitt 2 auch keine HD-Karte 9 vorhanden, so wird auf das dritte Prädiktionsmodul 7 zurückgegriffen.

[0054] Dadurch wird stets das Prädiktionsmodul 5,6,7 mit der höchsten Prädiktionsqualität verwendet, und erst, falls dies nicht möglich ist, da die Bedingungen dafür nicht erfüllt sind, wird auf das nächst-niedrigere Prädiktionsmodul 6,7 zurückgegriffen.

[0055] Dabei können in einer Verkehrssituation auch unterschiedliche Prädiktionsmodule 5,6,7 für unterschiedliche Verkehrsteilnehmer zum Einsatz kommen.

[0056] Anschließend wird mittels eines Prozessors 16 eine Prädiktion zumindest der zukünftigen Position der erfassten Verkehrsteilnehmer anhand des ausgewählten Prädiktionsmoduls 5,6,7 für die Verkehrsteilnehmer generiert.

[0057] Wenn nun die zukünftigen Positionen der Verkehrsteilnehmer beispielsweise mit einer Auflösung von 200ms und einem Vorhersagehorizont von 5s mit zugehörigen Wahrscheinlichkeiten und Genauigkeiten durch die Prädiktionsmodule 5,6,7 bekannt sind, können daraus potenziell zukünftige gefährliche Situationen 12 durch den Prozessor 16 bestimmt werden. Hierzu werden für jeden Zeitschritt in der Zukunft paarweise die Prädiktionen der Verkehrsteilnehmer durch den Prozessor 16 verglichen.

[0058] Dabei kann der Prozessor 16 zur Bestimmung einer gefährlichen Situation 12 zwischen den Verkehrsteilnehmern nachfolgende Faktoren einzeln, aber vorzugsweise in Kombination, heranziehen:

- die Größe der Überlappung eines berechneten Aufenthaltsbereichs der Verkehrsteilnehmer. So bedeutet ein größerer Überlappungsbereich zwischen zwei Verkehrsteilnehmern eine höhere Gefahr,

- die Position der Überlappung relativ zur geschätzten Position. So bedeutet ein Überlapp näher am Zentrum der geschätzten Position eine höhere Gefahr,
- die zukünftige Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer; so bedeutet eine höhere Geschwindigkeit, insbesondere eine signifikante Beschleunigung, eine höhere Gefahr,
- ein vorhandener oder zukünftiger Winkel zwischen den Verkehrsteilnehmern, so bedeutet eine Annäherung direkt von hinten meist geringe Gefahr, da davon ausgegangen werden kann, dass sich der von hinten nähernde Verkehrsteilnehmer den vor sich Fahrenden bemerkt hat. Bei Annäherung von der Seite oder erwarteter Änderung der Bewegungsrichtung ist hingegen von einer höheren Gefahr auszugehen,
- Betrachtung der verwendeten Fahrspuren zweier Verkehrsteilnehmer; so wird bei Verwendung gleicher Fahrspur von einer tendenziell geringen Gefahr ausgegangen, da die eigene Fahrspur gewöhnlich stets im Blick ist und von einer höheren Gefahr bei sich kreuzenden Fahrspuren, insbesondere wenn sich Fahrradweg und Straße kreuzen,
- eine Zeit bis zur erwarteten Kollision; so bedeutet geringere Zeit bis zur Kollision weniger Zeit zur Reaktion bei sicherer Vorhersage und damit eine höhere Gefahr,
- die gleiche oder ungleiche Art der Verkehrsteilnehmer; so ist eine Gefahr zwischen zwei Fußgängern selbst bei sehr großer Überlappung, beispielsweise an einer Ampel, nahezu auszuschließen, jedoch eine hohe Gefahr bei Beteiligung eines Fahrzeugs / LKWs anzunehmen.

[0059] Ferner ist in einer weiteren Ausgestaltung der Prozessor 16 dazu ausgebildet, erkannte gefährliche Situationen 12 mittels eines Bewertungswertes zu bewerten. Dieser kann anhand der erkannten obigen Faktoren, wie Größe des Überlappungsbereiches etc. einfach bestimmt werden, d.h. aus diesen Faktoren wird nun eine Bewertung berechnet, wie gefährlich die zukünftige Situation 12 ist.

[0060] Falls ein gewisser Schwellenwert überschritten wird, sendet der Prozessor 16 eine Nachricht als auch den Bewertungswert als Alarm an die beteiligten Verkehrsteilnehmer.

[0061] So können auf dem Endgerät der Verkehrsteilnehmer diese Alarme hinsichtlich des Bewertungswertes gefiltert werden. Dabei können beispielsweise alle Alarme die für den einzelnen Verkehrsteilnehmer einen zu geringen Bewertungswert aufweisen, herausgefiltert werden. Dies ermöglicht es dem Verkehrsteilnehmer, selbst darauf Einfluss zu nehmen, wie viele Warnungen angezeigt werden. So kann ein risikobereiter Verkehrsteilnehmer vermeiden, subjektiv zu viele Warnungen angezeigt zu bekommen.

[0062] FIG 2 zeigt eine Prädiktion mit dem ersten Prädiktionsmodul 5.

[0063] In diesem Szenario biegt ein von Osten kommender PKW 13 nach Norden ab und kreuzt hierbei den Fahrweg eines ebenfalls von Osten kommenden Fahrradfahrers 14. Das Fahrrad-Symbol 14 bzw. PKW-Symbol 13 stellen die aktuellen Positionen der beteiligten Verkehrsteilnehmer dar.

[0064] Die blauen Ellipsen 11 stellen die vorhergesagten Aufenthaltsbereiche des Fahrrads 14 als auch des PKWs 13 dar.

[0065] Bei diesem Beispiel wurde ein künstliches neuronales Netz 8 anhand historischer Daten trainiert, an dieser Kreuzung anhand der Annäherungsgeschwindigkeit zu bestimmen, ob ein Fahrzeug geradeaus fährt oder abbiegt. Die aktuellen Bewegungsdaten werden nun in das so trainierte neuronale Netz 8 eingegeben, welches unter Verwendung der HD-Karte 9 für diese Kreuzung Vorhersagen für den PKW 13 als auch den Fahrradfahrer 14 erzeugt.

[0066] Durch das erste Prädiktionsmodul 5 mit dem trainierten künstlichen neuronalen Netz 8, das auf eine HD-Karte 9 zurückgreift, kann nun frühzeitig erkannt werden, dass der PKW 13 abbiegen wird und damit eine gefährliche Situation 12 entstehen wird.

[0067] Durch die Verwendung des ersten Prädiktionsmoduls 5 kann eine hohe Prädiktionsqualität und dementsprechend eine zuverlässige Vorhersage für die zukünftigen Positionen der Verkehrsteilnehmer erzielt werden. Somit können gefährliche Situationen 12 genau und zuverlässig sowie rechtzeitig erkannt werden.

[0068] FIG 3 zeigt eine Prädiktion des obigen Szenarios mit dem zweiten Prädiktionsmodul 6. In diesem Szenario biegt der von Osten kommende PKW 13 nach Norden ab und kreuzt hierbei den Fahrweg des ebenfalls von Osten kommenden Fahrradfahrers 14. Das Fahrrad-Symbol 14 bzw. PKW-Symbol 13 stellen wiederum die aktuellen Positionen der beteiligten Verkehrsteilnehmer dar. Die blauen Ellipsen 11 stellen wiederum die vorhergesagten Aufenthaltsbereiche des Fahrrads 14 als auch des PKWs 13 dar.

[0069] Bei diesem Beispiel wird die Vorhersage durch das zweite Prädiktionsmodul 6 mittels der HD-Karte 9 getroffen. Hier kann bereits an dieser Stelle vorausgesagt werden, dass der PKW 13 sich nach rechts wenden könnte, und dadurch eine gefährliche Situation 12 entsteht. Allerdings ist eine Unsicherheit, ob dies wirklich so geschehen wird, vorhanden, da es auch möglich ist, dass der PKW 13 seinen Weg in gerader Richtung fortsetzt. Durch die Verwendung des zweiten Prädiktionsmoduls 6 kann eine mittlere Prädiktionsqualität und dementsprechend eine mittlere zuverlässige Vorhersage für die zukünftigen Positionen der Verkehrsteilnehmer erzielt werden. Somit können gefährliche Situationen erkannt werden.

[0070] FIG 4 zeigt eine Prädiktion des obigen Szenarios mit dem dritten Prädiktionsmodul 7. In diesem selbigen Szenario biegt wieder der von Osten kommende PKW 13 nach Norden ab und kreuzt hierbei den Fahrweg eines ebenfalls von Osten kommenden Fahrradfahrers

14. Das Fahrrad-Symbol 14 bzw. PKW-Symbol 13 stellen die aktuellen Positionen der beteiligten Verkehrsteilnehmer dar. Die blauen Ellipsen 11 stellen wiederum die vorhergesagten Aufenthaltsbereiche des Fahrrads 14 als auch des PKWs 13 dar.

[0071] Bei diesem Beispiel wird die Vorhersage durch das dritte Prädiktionsmodul 7 mittels der Extrapolation der vergangenen und aktuellen Bewegungsvektoren/-Bewegungsdaten getroffen. Dabei erkennt das dritte Prädiktionsmodul 7 nicht, dass der PKW 13 demnächst nach rechts fahren wird. Es wird dementsprechend kein Alarm ausgegeben.

[0072] Durch das erfindungsgemäße Alarmsystem 1 mit den zumindest drei Prädiktionsmodulen mit absteigender Prädiktionsqualität kann eine potenziell gefährliche Situation 12 besser erkannt werden, indem immer das bestmögliche Prädiktionsmodul 5,6,7 zur Bestimmung der zukünftigen Positionen der Verkehrsteilnehmer herangezogen wird.

Bezugszeichenliste:

[0073]

- 1 Alarmsystem
- 2 Straßenabschnitt
- 3 Kommunikationsschnittstelle
- 4 Empfangseinheit
- 5 erstes Prädiktionsmodul
- 6 zweites Prädiktionsmodul
- 7 drittes Prädiktionsmodul
- 8 künstliches neuronales Netz
- 9 HD-Karte
- 10 Speichereinheit
- 11 blauen Ellipsen
- 12 gefährliche Situation
- 13 PKW
- 14 Fahrrad
- 15 Prüfungsmodul
- 16 Prozessor

Patentansprüche

1. Alarmsystem (1) zur Warnung vulnerabler Verkehrsteilnehmer in einem vorgegebenen Straßenabschnitt (2)

umfassend eine Empfangseinheit (4) mit einer Kommunikationsschnittstelle (3) zum Empfangen einer Vielzahl von Bewegungsdaten von erfassten Verkehrsteilnehmern bezogen auf den Straßenabschnitt (2),

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Speichereinheit (10) vorgesehen ist, welche zumindest drei oder mehr Prädiktionsmodule (5,6,7) mit absteigender Prädiktionsqualität aufweist und wobei das erste Prädiktionsmodul

(5) dazu ausgebildet ist, zumindest eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn bestimmte erste Bedingungen erfüllt sind und wobei das zweite Prädiktionsmodul (6) dazu ausgebildet ist, zumindest eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn die ersten Bedingungen nicht erfüllt sind und lediglich bestimmte zweite Bedingungen erfüllt sind, und wobei das dritte Prädiktionsmodul (7) dazu ausgebildet ist, zumindest eine Prädiktion der Position der erfassten Verkehrsteilnehmer vorherzusagen, wenn die ersten Bedingungen als auch die zweiten Bedingungen nicht erfüllt sind und wobei

ein Prüfungsmodul (15) vorgesehen ist, welches dafür ausgelegt ist, zu prüfen, ob die ersten Bedingungen oder die zweiten Bedingungen oder die dritten Bedingungen in Bezug auf den Straßenabschnitt (2) und den Verkehrsteilnehmer erfüllt sind und in absteigender Qualitätsreihenfolge und je nach erfüllten Bedingungen das Prädiktionsmodul (5,6,7) mit der höchsten Prädiktionsqualität auszuwählen, und wobei

ein Prozessor (16) vorgesehen ist, welcher zur Prädiktion zumindest der zukünftigen Position der erfassten Verkehrsteilnehmer anhand des ausgewählten Prädiktionsmoduls (5,6,7) ausgebildet ist.

2. Alarmsystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prädiktionsqualität zumindest die Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder die Genauigkeit einer zukünftigen Position umfasst.

3. Alarmsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungsdaten zumindest die aktuelle und vorherige Position, Geschwindigkeit und Richtung eines Verkehrsteilnehmers über eine kurze Zeitdauer umfassen.

4. Alarmsystem (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungsdaten Daten aus weiteren Datenquellen, welche zur Verkehrsführung in dem betreffenden Straßenabschnitt (2) dienen, umfassen.

5. Alarmsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Prädiktionsmodul (5) als erste Bedingungen ein trainiertes künstliches neuronales Netz (8) für den Straßenabschnitt (2) oder einen genügend ähnlichen Straßenabschnitt (2) sowie eine HD-Karte (9, High Definition Karte) für den betreffenden Straßenabschnitt (2) umfasst, und wobei das erste Prädiktionsmodul (5) dazu ausgebildet ist, die Prädiktion

- eines Verkehrsteilnehmers für den Straßenabschnitt (2) anhand des trainierten künstlichen neuronalen Netzes (8) mit den Bewegungsdaten des Verkehrsteilnehmers und der HD-Karte (9) zu bewerkstelligen.
6. Alarmsystem (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das künstliche neuronale Netz (8) anhand historischer Daten trainiert ist.
 7. Alarmsystem (1) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das künstliche neuronale Netz (8) lediglich für spezielle Fälle in Bezug auf bestimmte Verkehrsteilnehmer und deren zukünftige Positionen trainiert ist.
 8. Alarmsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Prädiktionsmodul (6) als zweite Bedingung eine HD-Karte (9) für den Straßenabschnitt (2) umfasst, wobei das zweite Prädiktionsmodul (6) dazu ausgebildet ist, die Prädiktion eines Verkehrsteilnehmers für den Straßenabschnitt (2) anhand der HD-Karte (9) für den Straßenabschnitt (2), unter Verwendung der Bewegungsdaten des Verkehrsteilnehmers durchzuführen.
 9. Alarmsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die HD-Karte (9) zumindest die Straßen als auch die Gehwege und die Verkehrsführungselemente umfasst.
 10. Alarmsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dritte Prädiktionsmodul (7) dazu ausgebildet ist, die Prädiktion eines Verkehrsteilnehmers für den Straßenabschnitt (2) anhand einer Extrapolation unter Verwendung der Bewegungsdaten des Verkehrsteilnehmers zu bewerkstelligen.
 11. Alarmsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessor (16) ferner dazu ausgebildet ist, die Prädiktion jeder Verkehrsteilnehmer paarweise zur Bestimmung potenziell gefährlicher Situationen in korrespondierenden Zeitschritten zu vergleichen.
 12. Alarmsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessor (16) dazu ausgebildet ist, die Gefährlichkeit einer Situation mittels zumindest einem der nachfolgenden Faktoren zu bestimmen: der Größe eines Überlappungsbereiches zwischen zwei Verkehrsteilnehmern und/oder anhand einer zukünftigen Beschleunigung eines Verkehrsteilnehmers und/oder anhand eines zukünftigen Winkels zwischen zwei Verkehrsteilnehmern und/oder die Zeit bis zu einer möglichen Kollision zwischen zwei Verkehrsteilnehmern und/oder in Abhängigkeit von den verwendeten Fahrspuren der Verkehrsteilnehmer.
 13. Alarmsystem (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessor (16) dazu ausgebildet ist, bei der Bestimmung der Gefährlichkeit einer Situation die Art der Verkehrsteilnehmer als weiteren Faktor zu berücksichtigen.
 14. Alarmsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessor (16) dazu ausgebildet ist, erkannte gefährliche Situationen mittels eines Bewertungswertes zu bewerten.
 15. Alarmsystem (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Prozessor (16) dazu ausgebildet ist, ab Überschreiten eines vorgegebenen Schwellenwertes in Bezug auf den Bewertungswert einen Alarm zumindest an die an der gefährlichen Situation beteiligten Verkehrsteilnehmer zu übermitteln.
 16. Alarmsystem (1) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Alarm zumindest eine Nachricht und den Bewertungswert umfasst.
- ### Claims
1. Alert system (1) for warning vulnerable road users in a given road section (2), comprising a receiver unit (4) with a communications interface (3) for receiving a multiplicity of movement data of detected road users in relation to the road section (2), **characterized in that**

a memory unit (10) is provided, the latter having at least three or more prediction modules (5, 6, 7) with a decreasing prediction quality and the first prediction module (5) being designed to make at least one prediction of the position of the detected road users if specific first conditions are satisfied and the second prediction module (6) being designed to make at least one prediction of the position of the detected road users if the first conditions are not satisfied and only specific second conditions are satisfied, and the third prediction module (7) being designed to make at least one prediction of the position of the detected road users if the first conditions and the second conditions are not satisfied, and wherein

a test module (15) is provided, the latter being designed to test whether the first conditions or the second conditions or the third conditions are satisfied in relation to the road section (2) and

- the road user and, in sequence of decreasing quality and depending on satisfied conditions, to select the prediction module (5, 6, 7) with the highest prediction quality, and wherein a processor (16) is provided, the latter being designed to predict at least the future position of the detected road users on the basis of the selected prediction module (5, 6, 7).
2. Alert system (1) according to Claim 1, **characterized in that** the prediction quality at least comprises the probability of occurrence and/or the accuracy of a future position.
 3. Alert system (1) according to either of the preceding claims, **characterized in that** the movement data at least comprise the current and previous position, speed and direction of a road user over a short period of time.
 4. Alert system (1) according to Claim 3, **characterized in that** the movement data comprise data from further data sources that serve for routing traffic in the relevant road section (2).
 5. Alert system (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the first prediction module (5) comprises a trained artificial neural network (8) for the road section (2) or a sufficiently similar road section (2) and an HD map (9, high definition map) for the relevant road section (2) as first conditions, and wherein the first prediction module (5) is designed to make the prediction on the basis of the trained artificial neural network (8) for a road user for the road section (2) using the movement data of the road user and the HD map (9).
 6. Alert system (1) according to Claim 5, **characterized in that** the artificial neural network (8) is trained using historical data.
 7. Alert system (1) according to Claim 5 or 6, **characterized in that** the artificial neural network (8) is only trained for special cases in relation to specific road users and their future positions.
 8. Alert system (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the second prediction module (6) comprises an HD map (9) for the road section (2) as its second condition, wherein the second prediction module (6) is designed to make the prediction in relation to a road user for the road section (2) on the basis of the HD map (9) for the road section (2), using the movement data of the road user.
 9. Alert system (1) according to any of preceding Claims 4 to 8, **characterized in that** the HD map (9) at least comprises the roads and the pedestrian paths and the traffic routing elements.
 10. Alert system (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the third prediction module (7) is designed to make the prediction in relation to a road user for the road section (2) on the basis of an extrapolation using the movement data of the road user.
 11. Alert system (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the processor (16) is further designed to compare the prediction in relation to each road user in pairwise fashion in order to determine potentially hazardous situations in corresponding time steps.
 12. Alert system (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the processor (16) is designed to determine the hazardousness of a situation by means of at least one of the following factors: the size of an overlap region between two road users and/or on the basis of a future acceleration of a road user and/or on the basis of a future angle between two road users and/or the time to a potential collision between two road users and/or on the basis of the lanes used by the road users.
 13. Alert system (1) according to Claim 12, **characterized in that** the processor (16) is designed to take account of the type of road user as a further factor when determining the hazardousness of a situation.
 14. Alert system (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** the processor (16) is designed to assess recognized hazardous situations by means of an assessment value.
 15. Alert system (1) according to Claim 14, **characterized in that** the processor (16) is designed to transmit an alert to at least the road users involved in the hazardous situation once a given threshold value in relation to the assessment value has been exceeded.
 16. Alert system (1) according to Claim 15, **characterized in that** the alert comprises at least a notification and the assessment value.
- ### Revendications
1. Système d'alarme (1) destiné à avertir des usagers vulnérables de la route dans une section de route prédéfinie (2)

comprenant une unité de réception (4) ayant une interface de communication (3) pour rece-

voir une pluralité de données de mouvement provenant d'usagers de la route détectés en rapport avec la section de route (2),

caractérisé en ce que

il est prévu une unité de mémoire (10) qui comprend au moins trois modules de prédiction (5, 6, 7), ou plus de trois tels modules, avec une qualité de prédiction décroissante, et dans laquelle le premier module de prédiction (5) est conçu pour prédire au moins une prédiction de la position des usagers de la route détectés lorsque des premières conditions sont remplies, et dans laquelle le deuxième module de prédiction (6) est conçu pour au moins une prédiction de la position des usagers de la route détectés lorsque les premières conditions ne sont pas remplies et que seules certaines deuxièmes conditions sont remplies, et dans laquelle le troisième module de prédiction (7) est conçu pour prédire au moins une prédiction de la position des usagers de la route détectés lorsque ni les premières conditions ni les deuxièmes conditions ne sont remplies, un module de contrôle (15) étant prévu, qui est conçu pour vérifier si les premières conditions ou les deuxièmes conditions ou les troisièmes conditions sont remplies en ce qui concerne la section de route (2) et l'utilisateur de la route et pour sélectionner, par ordre décroissant de qualité et en fonction des conditions remplies, le module de prédiction (5, 6, 7) présentant la meilleure qualité de prédiction, et un processeur (16) est prévu, qui est conçu pour prédire au moins la position future des usagers de la route détectés au moyen du module de prédiction sélectionné (5, 6, 7).

2. Système d'alarme (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la qualité de prédiction comprend au moins la probabilité d'occurrence et/ou la précision d'une position future.
3. Système d'alarme (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les données de mouvement comprennent au moins la position actuelle et précédente, la vitesse et la direction d'un usager de la route sur une courte période de temps.
4. Système d'alarme (1) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** les données de mouvement comprennent des données provenant d'autres sources de données qui servent à la gestion du trafic dans la section de route concernée (2).
5. Système d'alarme (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier module de prédiction (5) comprend, en tant que premières conditions, un réseau neuronal artificiel en-

traîné (8) pour la section de route (2) ou une section de route (2) suffisamment similaire, ainsi qu'une carte HD (9, carte haute définition) pour la section de route (2) concernée, et le premier module de prédiction (5) étant conçu pour effectuer la prédiction d'un usager de la route pour la section de route (2) au moyen du réseau neuronal artificiel entraîné (8) avec les données de mouvement de l'utilisateur de la route et la carte HD (9).

6. Système d'alarme (1) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le réseau neuronal artificiel (8) est entraîné à l'aide de données historiques.
7. Système d'alarme (1) selon la revendication 5 ou la revendication 6, **caractérisé en ce que** le réseau neuronal artificiel (8) est uniquement entraîné pour des cas particuliers concernant certains usagers de la route et leurs positions futures.
8. Système d'alarme (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le deuxième module de prédiction (6) comprend en tant que deuxième condition une carte HD (9) pour la section de route (2), le deuxième module de prédiction (6) étant conçu pour effectuer la prédiction d'un usager de la route pour la section de route (2) au moyen de la carte HD (9) pour la section de route (2), en utilisant les données de mouvement de l'utilisateur de la route.
9. Système d'alarme (1) selon l'une des revendications précédentes 4 à 8, **caractérisé en ce que** la carte HD (9) comprend au moins les rues ainsi que les trottoirs et les éléments de guidage de la circulation.
10. Système d'alarme (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le troisième module de prédiction (7) est conçu pour effectuer la prédiction d'un usager de la route pour la section de route (2) au moyen d'une extrapolation en utilisant les données de déplacement de l'utilisateur de la route.
11. Système d'alarme (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le processeur (16) est en outre conçu pour comparer la prédiction de chaque usager de la route par paires afin de déterminer des situations potentiellement dangereuses à des intervalles de temps correspondants.
12. Système d'alarme (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le processeur (16) est conçu pour déterminer la dangerosité d'une situation en utilisant au moins l'un des facteurs suivants : la taille d'une zone de chevauchement entre deux usagers de la route et/ou sur la base d'une accélération future d'un usager de la route et/ou sur la base d'un angle futur entre deux usagers de la

route et/ou le temps jusqu'à une collision possible entre deux usagers de la route et/ou en fonction des voies utilisées par les usagers de la route.

13. Système d'alarme (1) selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le processeur (16) est conçu pour prendre en compte le type d'utilisateur de la route comme facteur supplémentaire lors de la détermination de la dangerosité d'une situation. 5
- 10
14. Système d'alarme (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le processeur (16) est conçu pour évaluer les situations dangereuses détectées à au moyen d'une valeur d'évaluation. 15
15. Système d'alarme (1) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** le processeur (16) est conçu pour transmettre une alarme au moins aux usagers de la route impliqués dans la situation dangereuse dès qu'une valeur seuil prédéfinie est dépassée par rapport à la valeur d'évaluation. 20
- 25
16. Système d'alarme (1) selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** l'alarme comprend au moins un message et la valeur d'évaluation. 25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

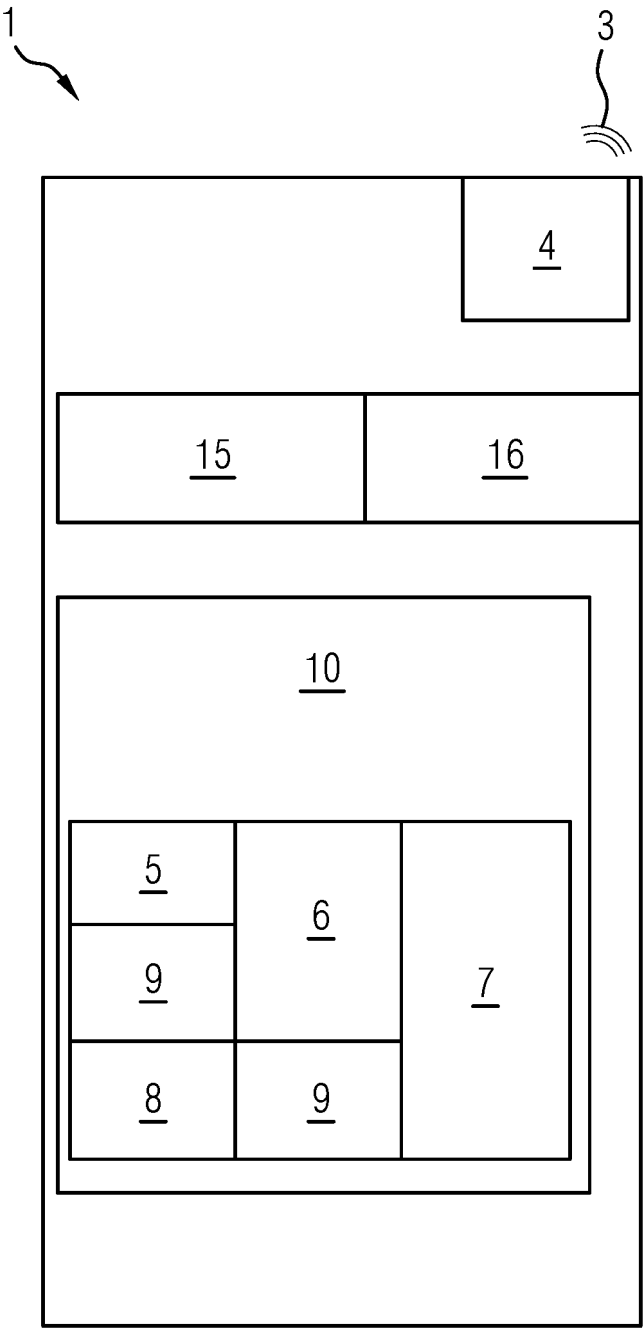


FIG 2

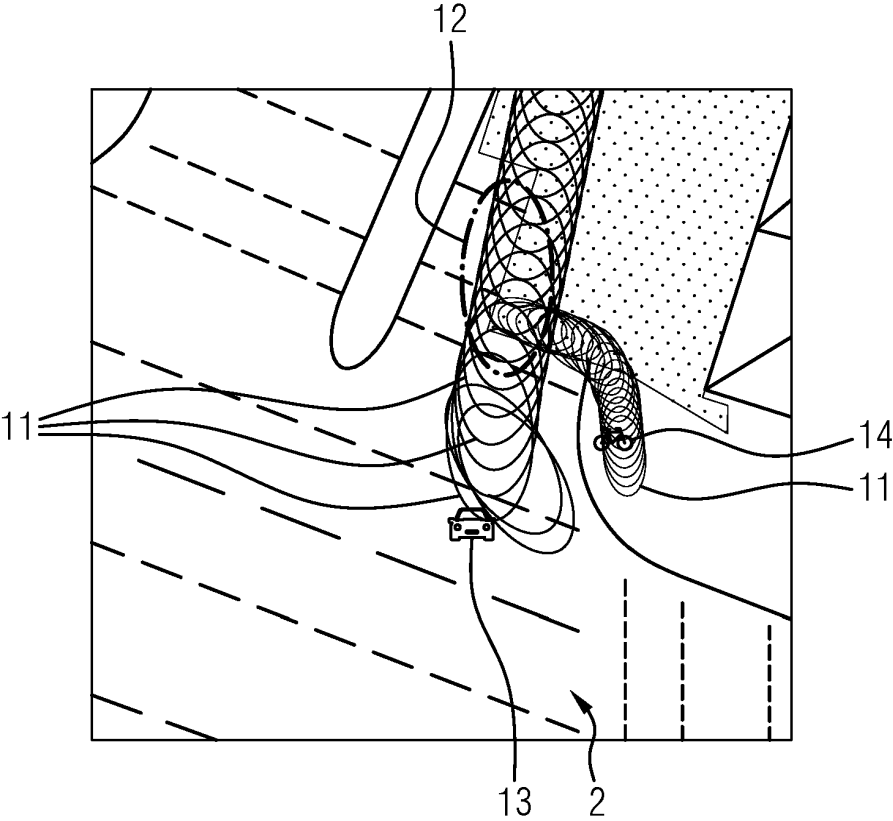


FIG 3

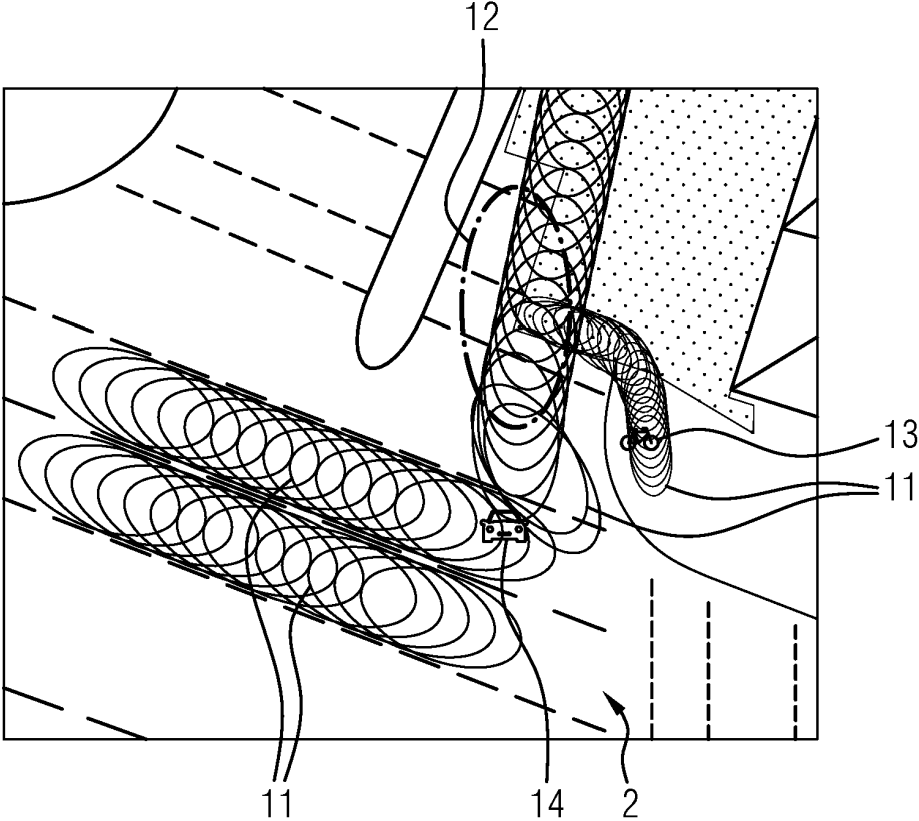
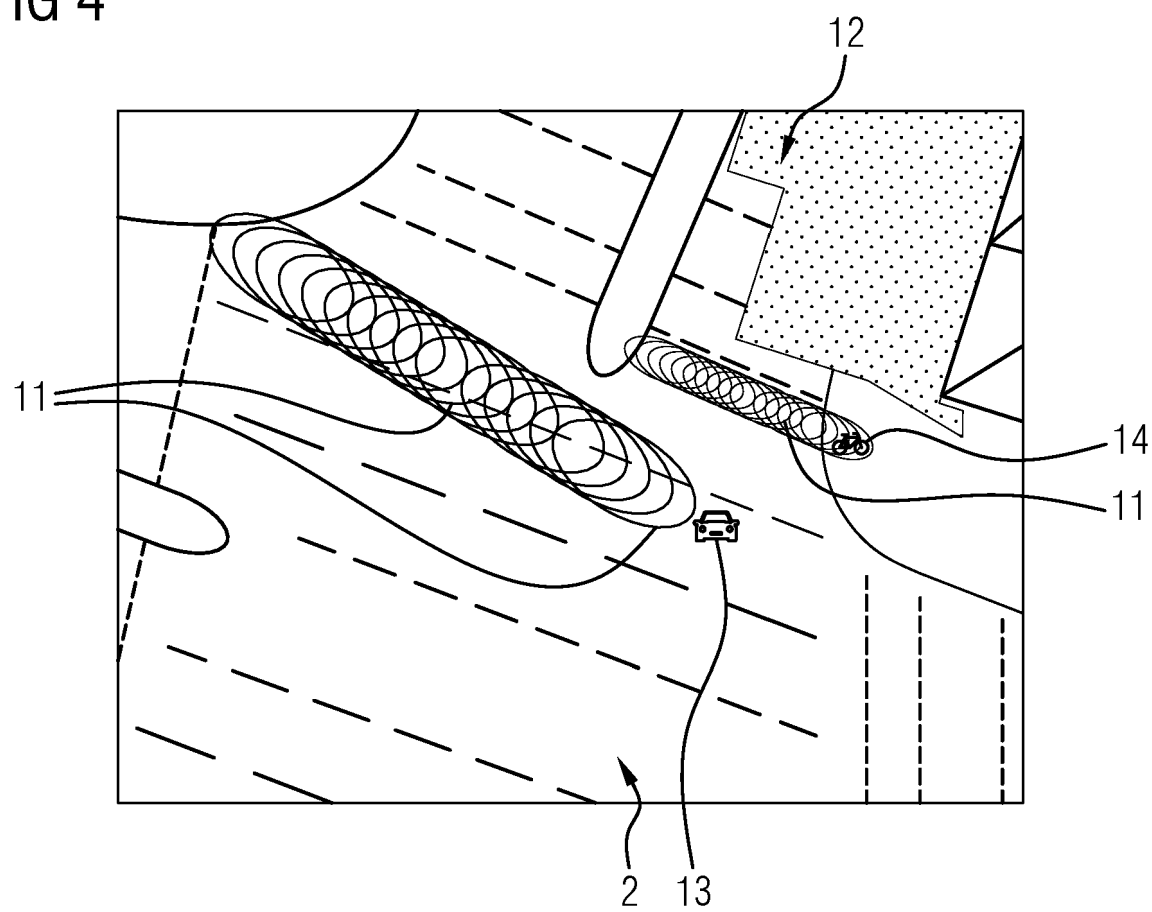


FIG 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 9659496 B2 [0004]
- EP 3690396 A1 [0005]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **M. GULZAR ; Y. MUHAMMAD ; N. MUHAMMAD.** A Survey on Motion Prediction of Pedestrians and Vehicles for Autonomous Driving. *IEEE Access*, 2021, vol. 9, 137957-137969 [0005]