



(10) DE 10 2018 120 723 B4 2023.12.21

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2018 120 723.9

(22) Anmelddatag: 24.08.2018

(43) Offenlegungstag: 28.02.2019

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 21.12.2023

(51) Int Cl.: **G08G 1/0965 (2006.01)**

B60W 30/08 (2012.01)

G05D 1/02 (2020.01)

H04W 4/40 (2018.01)

B60W 30/165 (2020.01)

B60W 40/04 (2006.01)

B60W 60/00 (2020.01)

G01S 13/86 (2006.01)

G01S 13/931 (2020.01)

G01S 17/86 (2020.01)

G01S 17/931 (2020.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
15/688,372

28.08.2017 US

(73) Patentinhaber:
**TOYOTA RESEARCH INSTITUTE, INC., 94022 Los
Altos, Calif., US**

(74) Vertreter:
**KUHNEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,
DE**

(72) Erfinder:
Sakai, Katsuhiro, Los Altos, Calif., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2010 013 647	A1
DE	10 2013 005 073	A1
DE	10 2014 202 453	A1
US	2017 / 0 166 207	A1
US	5 295 551	A

(54) Bezeichnung: **Trajektorienplanmodifikation für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen
Fahrzeugumgebung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung, wobei das Verfahren umfasst:
Erfassen, basierend auf Fahrzeugsensordaten von dem autonomen Fahrzeug, eines voraus und in einer Richtung des autonomen Fahrzeugs fahrenden Fahrzeugs;
Übertragen einer Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des erfassten Fahrzeugs; und
basierend auf einer Antwort des erfassten Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage, wobei die Antwort indikativ dafür ist, ob das erfasste Fahrzeug eines aus einem Fahrzeug mit einem vollständigen Satz autonomer Fahrzeugoperationen, einem Fahrzeug mit einem Teilsatz autonomer Fahrzeugoperationen und einem manuell betriebenen Fahrzeug ist:

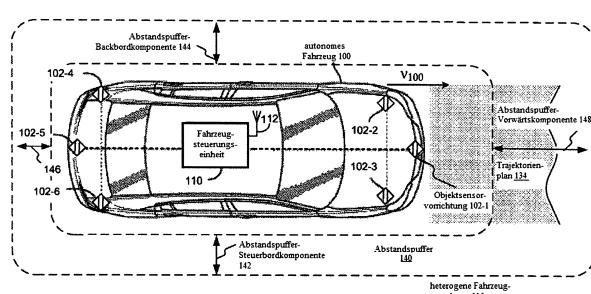
Bestimmen eines Sicherheitsschätzwertes für eine Trajektorie des erfassten Fahrzeugs;

Wählen eines zu dem Sicherheitsschätzwert proportionalen Abstandspuffers für den autonomen Fahrzeugbetrieb relativ zu dem erfassten Fahrzeug; und

Modifizieren eines Trajektorienplans des autonomen Fahrzeugbetriebs zum Erstellen eines modifizierten Trajektorienplans basierend auf dem Abstandspuffer, um den autonomen Fahrzeugbetrieb des autonomen Fahrzeugs zu modifizieren,

wobei die Antwort auf die Trajektorienanfrage umfasst: eine Trajektorienplanantwort einschließlich einer erwarteten Trajektorie für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum;

eine echtzeitnahe Trajektorienantwort einschließlich echtzeitnaher Betriebsparameter des erfassten Fahrzeugs; und/oder
eine Leerantwort; ...



Beschreibung**GEBIET**

[0001] Der hierin beschriebene Gegenstand betrifft allgemein Vorrichtungen zum Durchführen von Trajektorienplänen autonomer Fahrzeuge und insbesondere zum Modifizieren eines Trajektorienplans für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung, die eine Kombination aus Fahrzeugen mit unterschiedlichen Graden an autonomer Betriebsfähigkeit aufweist.

HINTERGRUND

[0002] Generell können autonome Fahrzeugbetriebsabläufe auf verschiedene Rechnersysteme gestützt werden, die beim autonomen Befördern von Insassen von einem Ort zum anderen entlang einer Fahrtroute behilflich sind. Eine Fahrzeugumgebung für die Fahrtroute kann eine homogene Fahrzeugumgebung sein, in der Fahrzeuge generell ähnliche autonome Betriebsfähigkeiten aufweisen, so dass die Kommunikation und Bewegungskoordination zwischen den Fahrzeugen gefördert werden. Andererseits kann die Fahrtroute eine heterogene Umgebung sein, in der die Fahrzeuge generell eine Mischung aus autonomen Betriebsfähigkeiten darstellen (es können Fahrzeuge ohne autonome Betriebsfähigkeit beinhaltet sein). Diese Mischung kann die Effizienz eines hochgradig autonomen (oder vollautonomen) Fahrzeugs zum zeitigen Zurücklegen einer Fahrtroute ohne Unfall vermindern, da es generell notwendig ist, ständig auf die unvorhersehbaren Aktionen anderer Fahrzeuge zu reagieren und/oder diese zu überwachen. Demgemäß besteht der Wunsch nach einer Vorrichtung und einem Verfahren zum Verbessern der betrieblichen Effizienz eines hochgradig autonomen Fahrzeugs beim Zurücklegen einer Fahrtstrecke in solch heterogenen Fahrzeugumgebungen mit Fahrzeugen, denen es möglicherweise an Systemen und/oder Mechanismen für ähnlich hochgradig autonome Fahrzeugbetriebsabläufe mangelt. Relevanter Stand der Technik wird in DE 10 2014 202 453 A1, US 2017/0 166 207 A1, DE 10 2010 013 647 A1 und US 5 295 551 A beschrieben.

KURZFASSUNG

[0003] Offenbart werden eine Vorrichtung und Verfahren zum Modifizieren eines Trajektorienplans für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung, die eine Mischung aus Fahrzeugen mit niedriger und/oder ohne autonome Betriebsfähigkeit beinhaltet.

[0004] In einer Implementierung ist ein Verfahren für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung offenbart. Das Verfahren

beinhaltet Erfassen, basierend auf Fahrzeugsensor Daten von dem autonomen Fahrzeug, eines voraus und in einer Richtung des autonomen Fahrzeugs fahrenden Fahrzeugs und Übertragen einer Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des erfassten Fahrzeugs. Das Verfahren umfasst, basierend auf einer Antwort des erfassten Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage: Bestimmen eines Sicherheitsschätzwertes für eine Trajektorie des Fahrzeugs; Wählen eines zu dem Sicherheitsschätzwert proportionalen Abstandspuffers für den autonomen Fahrzeugbetrieb relativ zu dem erfassten Fahrzeug; und Modifizieren eines Trajektorienplans des autonomen Fahrzeugbetriebs zum Erstellen eines modifizierten Trajektorienplans basierend auf dem Abstandspuffer, um den autonomen Fahrzeugbetrieb des autonomen Fahrzeugs zu modifizieren.

[0005] Die Antwort des erfassten Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage ist indikativ dafür, ob das erfasste Fahrzeug eines aus einem Fahrzeug mit einem vollständigen Satz autonomer Fahrzeugoperationen, einem Fahrzeug mit einem Teilsatz autonomer Fahrzeugoperationen und einem manuell betriebenen Fahrzeug ist. Die Antwort auf die Trajektorienanfrage umfasst: eine Trajektorienplanantwort einschließlich einer erwarteten Trajektorie für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum, eine echtzeitnahe Trajektorienantwort einschließlich echtzeitnaher Betriebsparameter des erfassten Fahrzeugs und eine Leerantwort. Die Trajektorienplanantwort betrifft einen ersten Sicherheitsschätzwert, die echtzeitnahe Trajektorienantwort betrifft einen zweiten Sicherheitsschätzwert und die Leerantwort betrifft einen dritten Sicherheitsschätzwert.

[0006] In einer anderen Implementierung ist eine Fahrzeugsteuerungseinheit für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung offenbart. Die Fahrzeugsteuerungseinheit beinhaltet eine Drahtloskommunikationsschnittstelle zum Unterhalten einer Kommunikation mit einem Fahrzeugnetzwerk, einen Prozessor, der mit der Drahtloskommunikationsschnittstelle und einer Mehrzahl von Fahrzeugsensorvorrichtungen kommunizierend gekoppelt ist, und einen Speicher, der mit dem Prozessor kommunizierend gekoppelt ist und ein Fahrzeugdetektionsmodul speichert, sowie ein Trajektorienplan-Modifikationsmodul. Das Fahrzeugdetektionsmodul beinhaltet Anweisungen, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen, ein voraus und in einer Richtung des autonomen Fahrzeugs fahrendes Fahrzeug basierend auf Fahrzeugsensor Daten von einem autonomen Fahrzeug zu erfassen und eine Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des Fahrzeugs zu übertragen.

[0007] Die Antwort des erfassten Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage ist indikativ dafür, ob das erfasste Fahrzeug eines aus einem Fahrzeug mit einem vollständigen Satz autonomer Fahrzeugoperationen, einem Fahrzeug mit einem Teilsatz autonomer Fahrzeugoperationen und einem manuell betriebenen Fahrzeug ist. Das Trajektorienplan-Modifikationsmodul beinhaltet Anweisungen, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen, einen Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie des erfassten Fahrzeugs basierend auf der Antwort zu bestimmen, einen Abstandspuffer für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug und dem Sicherheitsschätzwert zu wählen und einen Trajektorienplan des autonomen Fahrzeugs zu modifizieren, um basierend auf dem Abstandspuffer einen modifizierten Trajektorienplan zu erstellen. Die Antwort auf die Trajektorienanfrage umfasst: eine Trajektorienplanantwort einschließlich einer erwarteten Trajektorie für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum, eine echtzeitnahe Trajektorienantwort einschließlich echtzeitnauer Betriebsparameter des erfassten Fahrzeugs und eine Leerantwort. Die Trajektorienplanantwort betrifft einen ersten Sicherheitsschätzwert, die echtzeitnahe Trajektorienantwort betrifft einen zweiten Sicherheitsschätzwert und die Leerantwort betrifft einen dritten Sicherheitsschätzwert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Die Beschreibung nimmt auf die begleitenden Zeichnungen Bezug, in denen sich gleiche Bezugszeichen in den mehreren Ansichten auf gleiche Teile beziehen, und in denen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs einschließlich einer Fahrzeugsteuerungseinheit ist;

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer Fahrzeugsteuerungseinheit aus **Fig. 1** ist;

Fig. 3 ein Blockdiagramm eines Funktionsmoduls darstellt, das in einem Speicher für die Fahrzeugsteuerungseinheit aus **Fig. 1** gespeichert ist;

Fig. 4 ein Betriebsbeispiel des Erfassens eines voranfahrenden Fahrzeugs einer heterogenen Fahrzeugumgebung darstellt; und

Fig. 5 ein beispielhafter Prozess für einen autonomen Betrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0009] Hier wird eine Trajektorienplanmodifikation eines autonomen Fahrzeugs für eine heterogene Fahrzeugumgebung beschrieben.

[0010] Ein beispielhaftes Verfahren beinhaltet ein Erfassen eines vor einem Fahrzeug mit einem autonomen Fahrzeugbetrieb fahrenden Fahrzeugs basierend auf Fahrzeugsensordaten. Es versteht sich, dass die heterogene Fahrzeugumgebung Fahrzeuge, die zu autonomen Betriebsabläufen imstande sind, wie etwa autonome Fahrzeuge und mitunter fahrerassistierte Fahrzeuge (das heißt, beim Assistenten eines Fahrzeugführers kann ein gewisser autonomer Betrieb vorliegen), sowie ein manuell betriebenes Fahrzeug beinhalten kann.

[0011] Diesbezüglich kann die Antwort die Betriebsfähigkeit des Fahrzeugs und eine entsprechende Betriebssicherheit übermitteln. Beispielsweise kann eine Trajektorienplanantwort weitergeben, dass das Fahrzeug ein anderes Fahrzeug mit einem kompletten Satz an autonomen Fahrzeugbetriebsabläufen ist. Eine echtzeitnahe Trajektorienantwort kann ein fahrerassistiertes Fahrzeug mit einem nicht vollständigen Satz an autonomen Fahrzeugbetriebsabläufen angeben. Dabei beinhaltet die echtzeitnahe Trajektorienantwort echtzeitnahe Betriebsparameter des Fahrzeugs, wie etwa Fahrzeugkursdaten, Fahrzeuggeschwindigkeitsdaten, Fahrzeugspursteuerungsdaten, Fahrzeuglenkradwinkeldata und/oder Fahrzeugbremsdaten. Eine Leerantwort, die eine positive und/oder abgeleitete „Nicht“-antwort sein kann, kann ein manuell betriebenes Fahrzeug angeben.

[0012] Basierend auf der Antwort des Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage kann das autonome Fahrzeug einen Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie des Fahrzeugs bestimmen und einen dazu proportionalen Abstandspuffer für den autonomen Fahrzeugbetrieb relativ zu dem voranfahrenden Fahrzeug wählen. Mit dem Abstandspuffer kann ein Trajektorienplan modifiziert werden, um basierend auf dem Abstandspuffer einen modifizierten Trajektorienplan zu erstellen.

[0013] Diesbezüglich kann der autonome Fahrzeugbetrieb den modifizierten Trajektorienplan ausführen, der auf dem Vorhandensein von Fahrzeugen, die nicht autonom betrieben werden, basiert.

[0014] **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs 100 einschließlich einer Fahrzeugssteuerungseinheit 110. Eine Mehrzahl von Objektsensorvorrichtung 102-1, 102-2, 102-3, 102-4, 102-5 und 102-6 (allgemein Objektsensoren 102) stehen mit der Steuerungseinheit 110 in Verbindung, um auf eine heterogene Fahrzeugumgebung 116 zuzugreifen. Es versteht sich, dass das Fahrzeug 100 auch ein Kraftfahrzeug, Leichtlastkraftwagen, Frachttransporter oder irgendein anderer Personenkraftwagen oder Nicht-Personenkraftwagen sein kann.

[0015] In einem autonomen Betrieb kann die Fahrzeugsteuerungseinheit zum Definieren eines Abstandspuffers 140 betrieben werden. Der Abstandspuffer kann dimensionsmäßig so definiert werden, dass er sich auf das autonome Fahrzeug 100 bezieht. Beispielsweise kann die von der Fahrzeugsteuerungseinheit definierte äußere Begrenzung basierend auf Bedingungen der heterogenen Fahrzeugumgebung 116 symmetrisch oder asymmetrisch sein und einen variablen Pufferbereich rund um das Fahrzeug 100 beinhalten.

[0016] Beispielsweise arbeitet und/oder navigiert ein Kraftfahrzeug allgemein in einem zweidimensionalen Raum mit anderen Kraftfahrzeugen. Ein Luftfahrzeug arbeitet und/oder navigiert allgemein in einem dreidimensionalen Raum mit anderen Luftfahrzeugen. Was das Beispiel aus **Fig. 1** anbelangt, so kann der Abstandspuffer 140 einen zweidimensionalen Raum lateral (das heißt, quer über das Fahrzeug 100) und longitudinal (das heißt, entlang der Länge des autonomen Fahrzeugs 100) zu dem autonomen Fahrzeug 100 berücksichtigen. Der Abstandspuffer 140 kann eine Abstandspuffer-Steuerbordkomponente 142 und eine Abstandspuffer-Backbordkomponente 144 in Bezug auf einen lateralen Raum des autonomen Fahrzeugs 100 beinhalten. Der Abstandspuffer 140 kann auch eine Abstandspuffer-Heckkomponente 146 und eine Abstandspuffer-Vorwärtskomponente 148 in Bezug auf einen longitudinalen Raum des autonomen Fahrzeugs 100 beinhalten. Der Abstandspuffer 140 kann auf Grundlage eines kartesischen Koordinatensystems und/oder eines Polarkoordinatensystems definiert werden.

[0017] Es versteht sich, dass die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 Zonen für den Abstandspuffer 140 definieren kann. Solche Zonen können beispielsweise nach der Relevanz, die ein anderes Fahrzeug auf dem Trajektorienpfad 134 für das autonome Fahrzeug haben kann, geordnet werden. Generell können andere Fahrzeuge vor dem Fahrzeug 100 eine größere Wirkung auf den Trajektorienpfad 134 haben als jene hinter dem Fahrzeug 100. Demgemäß wird für die Zone des Abstandspuffers 140, die sich auf die Abstandspuffer-Vorwärtskomponente 148 bezieht, diesbezüglich ein größerer Pufferwert im Vergleich zu jenem der Abstandspuffer-Heckkomponente 146 vorgesehen.

[0018] Im Betrieb kann die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 Komponenten 142, 144, 146 und 148 des Abstandspuffers 140 auf einen Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie anderer Fahrzeuge basieren, welche den Trajektorienplan 134 beeinträchtigen können. Beispielsweise kann eine Trajektorie eines manuell betriebenen Fahrzeugs generell nicht durch die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 vorhersehbar sein, da ein beobachtetes Fahrzeugverhalten

auf die Objektsensorvorrichtungen 102 gestützt werden kann, während eine Trajektorie eines anderen autonomen Fahrzeugs generell durch die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 vorhersehbar sein kann, da ein autonomes Fahrzeugverhalten auf die Objektsensorvorrichtungen 102 und Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsdaten (wie etwa zum Beispiel Trajektorienpläne anderer autonomer Fahrzeuge, Geschwindigkeit, Kurs, etc.) gestützt werden kann.

[0019] Basierend auf einem Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie eines voranfahrenden Fahrzeugs kann die Fahrzeugsteuerungseinheit einen zu dem Sicherheitsschätzwert proportionalen Abstandspuffer 140 für den Betrieb des autonomen Fahrzeugs 100 relativ zu dem anderen Fahrzeug wählen. Die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 kann den Trajektorienplan 134 des autonomen Fahrzeugs 100 modifizieren, um basierend auf dem Abstandspuffer 140 einen modifizierten Trajektorienplan zu erstellen, dessen Wirkung wiederum darin bestehen kann, den Betrieb des autonomen Fahrzeugs 100 zu modifizieren, wie im Einzelnen unter Bezugnahme auf **Fig. 2-5** erörtert wird.

[0020] Die Mehrzahl von Objektsensorvorrichtungen 102 können auf der Außenfläche des Fahrzeugs 100 positioniert sein oder können zu ästhetischen Zwecken im Hinblick auf das Fahrzeug auf eine verborgene Weise positioniert sein. Zudem können die Sensoren bei Frequenzen arbeiten, bei denen die Fahrzeugkarosserie oder Teile derselben der jeweiligen Sensorvorrichtung transparent erscheinen.

[0021] Eine Kommunikation zwischen Sensorvorrichtungen und Fahrzeugsteuerungseinheiten, einschließlich der Fahrzeugsteuerungseinheit 110, kann auf einer Busbasis erfolgen und kann auch von anderen Systemen des Fahrzeugs 100 verwendet oder betrieben werden. Beispielsweise können die Objektsensorvorrichtungen 102 durch eine Kombination von Netzwerkarchitekturen wie etwa Body Electronic Area Network (BEAN), eine Controller-Area-Network-(CAN)-Buskonfiguration, eine Audio-Visual-Communication-Local-Area-Network-(AVC-LAN)-Konfiguration und/oder andere Kombinationen von zusätzlichen Kommunikationssystem-Architekturen gekoppelt sein, um eine Kommunikation zwischen Vorrichtungen und Systemen des Fahrzeugs 100 bereitzustellen.

[0022] Ausgaben der beispielhaften Objektsensorvorrichtungen 102 können von der Fahrzeugsteuerungseinheit 110 zum Detektieren von Fahrbahnbegrenzungen für einen Fahrweg, Objekten in einer Fahrzeigroute 134, zum Aufnehmen eines Echtzeit-videos der Fahrzeugumgebung 116, Bestimmen einer Fahrzeuggeschwindigkeit, etc. verwendet werden.

[0023] Die Objektsensorvorrichtungen 102 können beispielsweise zum Bereitstellen von taktilen oder relationsbezogenen Veränderungen der heterogenen Fahrzeugumgebung 116, beispielsweise eines herannahenden Fußgängers, Fahrradfahrers, Objekts, Fahrzeugs, Straßenverschmutzungen und anderen derartigen Fahrzeughindernissen (oder potentiellen Fahrzeughindernissen) wie etwa eines vorangehenden Fahrzeugs und/oder eines vor dem Fahrzeug 100 fahrenden Fahrzeugs, betrieben werden, wie im Einzelnen unter Bezugnahme auf **Fig. 1-5** erörtert wird.

[0024] Die Objektsensorvorrichtungen 102 können von einem Laser-Abstands- und Geschwindigkeitsmessungs-(LIDAR)-System bereitgestellt werden, in dem die Objektsensorvorrichtungen 102 Daten im Zusammenhang mit Laserlicht, das von physischen Objekten in der Umgebung des Fahrzeugs 100 zurückkehrt, aufnehmen können. Die Objektsensorvorrichtungen 102 können auch eine Kombination aus Lasern (LIDAR) und Milliwellenradarvorrichtungen beinhalten. LIDAR- und radarbasierte Vorrichtungen können zum Erfassen von Objekten nebst einer Geschwindigkeit (das heißt, relativen und/oder absoluten Geschwindigkeiten) der Objekte betrieben werden.

[0025] Die Objektsensorvorrichtungen 102 können alleine oder in Kombination betrieben werden, um Tiefenbilder aufzunehmen oder anderweitig Tiefeninformationen für ein aufgenommenes Bild zu erzeugen. Beispielsweise können die Objektsensorvorrichtungen 102 konfiguriert sein, um Bilder (sichtbare und unsichtbare Wellenlängen des Spektrums, hörbare und nicht hörbare Wellenlängen, etc.) aufzunehmen.

[0026] Diesbezüglich sind die Objektsensorvorrichtungen 102 betreibbar, um Abstandsvektorabmessungen von Objekten der heterogenen Fahrzeugumgebung 116 zu bestimmen. Beispielsweise kann jede der Objektsensorvorrichtungen 102 konfiguriert sein, um strukturiertes Licht, Laufzeit (z.B. von Signalen zur Doppler-Messung), Laser-Abstands- und Geschwindigkeitsmessung (LIDAR), Lichtfelder und andere Informationen zu erfassen und/oder zu analysieren, um Tiefe/Abstand, Richtung und/oder Geschwindigkeit von Objekten zu bestimmen.

[0027] Im Betrieb können Objekte wie etwa Gelände, Laub, Fußgänger, etc. unter kombinierter oder eigenständiger Verwendung mehrerer der Objektsensorvorrichtungen 102-1 bis 102-6 detektiert werden, um die heterogene Fahrzeugumgebung 116 longitudinal und/oder lateral in Bezug auf das Fahrzeug 100 zu ermitteln. In einem Beispiel können Objektsensorvorrichtungen 102-1, 102-2 und 102-3 longitudinal betrieben werden, um Objekte vor dem Fahrzeug 100 zu detektieren, die etwa dazu verwen-

det werden können, um eine Abstandspuffer-Vorwärtskomponente 148 zu ermitteln, und Objektsensorvorrichtungen 102-4, 102-5 und 102-6 können betrieben werden, um Objekte longitudinal hinter dem Fahrzeug 100 zu detektieren, die etwa dazu verwendet werden können, um eine Abstandspuffer-Heckkomponente 146 zu ermitteln.

[0028] Als ein weiteres Beispiel können Objektsensorvorrichtungen 102-3 und 102-6 lateral betrieben werden, um Objekte lateral steuerbordseitig des Fahrzeugs 100 zu detektieren, die etwa zum Ermitteln einer Abstandspuffer-Steuerbordkomponente 142 verwendet werden können, und Objektsensorvorrichtungen 102-2 und 102-4 können betrieben werden, um Objekte lateral backbordseitig des Fahrzeugs 100 zu detektieren, die etwa dazu verwendet werden können, um eine Abstandspuffer-Backbordkomponente 144 zu ermitteln.

[0029] Jede der Objektsensorvorrichtungen 102 kann jeweilige Funktionen implementieren, um basierend auf jeweiligen räumlichen Abschnitten 118 eine kollektive Objektparameterdetektion bereitzustellen. Beispielsweise kann die Objektsensorvorrichtung 102-1 betrieben werden, um ein Objekt zu detektieren, und die Objektsensorvorrichtung 102-2 kann betrieben werden, um eine Objektgeschwindigkeit relativ zu dem Fahrzeug 100 zu detektieren. Auch kann die Objektsensorvorrichtung 102-3 in Kombination mit der Objektsensorvorrichtung 102-1 betrieben werden, um eine Erkennung und/oder Detektion eines Objekts zu bestätigen. Es versteht sich, dass die Geschwindigkeit eines Objekts über eine Objektsensorvorrichtung bestimmt und anhand von aufeinanderfolgenden Positionsdetektionsmessungen des Objekts extrapoliert werden kann und darauf basierend die Geschwindigkeit und/oder Bewegungsrichtung berechnet werden kann (so dass ein Bewegungsvektor entsteht).

[0030] Es versteht sich, dass jeweilige Sätze von Objektsensorvorrichtungen basierend auf einer gewünschten Messfunktion und/oder Anwendung in Kombination mit anderen Sätzen von Objektsensorvorrichtungen, abwechselnd oder asynchron, gleichzeitig oder eigenständig betrieben werden können.

[0031] Im Betrieb kann die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 zum Empfangen einer Fahrzeugsensordatenausgabe von Objektsensorvorrichtungen 102 arbeiten, welche ein LIDAR-System bereitstellen kann. Die Objektsensorvorrichtungen können Fahrzeugsensordaten im Zusammenhang mit Laser, der von physischen Objekten in der Umgebung des mit einer Geschwindigkeit V_{100} entlang des Trajektorienplans 134 fahrenden Fahrzeugs 100 zurückkehrt, erfassen und senden. Beispielsweise können Rückkehrsignale Fahrzeigroutenmarkierungen, wie etwa

eine Mittellinie, Fahrbahnlinien und Ränder der Fahrzeugroute 134, Verkehrszeichen, etc., beinhalten.

[0032] Es versteht sich, dass die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 mit diesen Fahrzeugsensordaten zum Erfassen eines vorausfahrenden Fahrzeugs und Übertragen einer Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des Fahrzeugs über die Antenne 112 betrieben werden kann. Basierend auf einer Antwort des Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage kann die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 einen Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie des voranfahrenden Fahrzeugs bestimmen und einen zu dem Sicherheitsschätzwert proportionalen Abstandspuffer 140 für den autonomen Fahrzeugbetrieb relativ zu dem Fahrzeug wählen. Die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 kann den Trajektorienplan 134 des autonomen Fahrzeugbetriebs zum Erstellen eines modifizierten Trajektorienplans basierend auf dem Abstandspuffer 140 modifizieren, um den autonomen Fahrzeugbetrieb zu modifizieren, wie im Einzelnen unter Bezugnahme auf **Fig. 2-5** erörtert wird.

[0033] **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm einer Fahrzeugsteuerungseinheit 110, die eine Drahtloskommunikationsschnittstelle 202, einen Prozessor 204 und einen Speicher 206 beinhaltet, welche über einen Bus 208 kommunizierend gekoppelt sind. Die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 kann eine beispielhafte Plattform für die Vorrichtung und Verfahren, die im Einzelnen unter Bezugnahme auf **Fig. 1-5** beschrieben werden, bereitstellen.

[0034] Der Prozessor 204 kann eine herkömmliche zentrale Verarbeitungseinheit oder irgendeine andere Art von Vorrichtung oder mehrere Vorrichtungen sein, die zum Bearbeiten oder Verarbeiten von Informationen imstande sind. Es versteht sich, dass der Prozessor 204 eine einzelne Verarbeitungsvorrichtung oder eine Mehrzahl von Verarbeitungsvorrichtungen sein kann. Eine solche Verarbeitungsvorrichtung kann ein Mikroprozessor, Mikrocontroller, digitaler Signalprozessor, Mikrocomputer, eine zentrale Verarbeitungseinheit, feldprogrammierbare Gatteranordnung, programmierbare Logikvorrichtung, Zustandsmaschine, Logikschaltung, analoge Schaltungsanordnung, digitale Schaltungsanordnung und/oder eine Vorrichtung sein, die (analoge und/oder digitale) Signale basierend auf Hartcodierung der Schaltungsanordnung und/oder betrieblichen Anweisungen bearbeitet.

[0035] Der Speicher (und/oder das Speicherelement) 206 kann mit dem Prozessor 204 kommunizierend gekoppelt sein und kann zum Speichern eines oder mehrerer hierin beschriebener Module betrieben werden. Die Module können Anweisungen beinhalten, die bei Ausführung den Prozessor 204 zum Implementieren eines oder mehrerer der hierin

beschriebenen Prozesse und/oder Vorgänge veranlassen.

[0036] Der Speicher und/oder das Speicherelement 206 kann eine einzige Speichervorrichtung, eine Mehrzahl von Speichervorrichtungen und/oder eine eingebettete Schaltungsanordnung des Prozessors 204 sein. Eine solche Speichervorrichtung kann ein Nur-Lese-Speicher, Direktzugriffsspeicher, flüchtiger Speicher, nichtflüchtiger Speicher, statischer Speicher, dynamischer Speicher, Flash-Speicher, Cache-Speicher und/oder irgendeine Vorrichtung sein, die digitale Informationen speichert. Ferner können hierin beschriebene Anordnungen die Form eines Computerprogrammprodukts annehmen, das in einem oder mehreren computerlesbaren Medien mit einem darin integrierten, z.B. darauf gespeicherten, computerlesbaren Programmcode verkörpert ist. Irgendeine Kombination aus einem oder mehreren computerlesbaren Medien kann eingesetzt werden. Das computerlesbare Medium kann ein computerlesbares Signalmedium oder ein computerlesbares Speichermedium sein.

[0037] Die Formulierung „computerlesbares Speichermedium“ meint ein nichttransistorisches Speichermedium. Ein computerlesbares Speichermedium kann beispielsweise ein elektronisches, magnetisches, optisches, elektromagnetisches, Infrarot- oder Halbleiter-System, -Gerät oder -Vorrichtung oder irgendeine geeignete Kombination der Vorstehenden sein, ist jedoch nicht beschränkt hierauf. Im Zusammenhang mit diesem Dokument kann ein computerlesbares Speichermedium irgendein greifbares Medium sein, das ein Programm zur Verwendung durch oder in Verbindung mit einem Anweisungsausführungs-System, -Gerät oder -Vorrichtung enthalten oder speichern kann. Ein Programmcode, der auf einem computerlesbaren Medium integriert ist, kann unter Verwendung eines geeigneten Mediums, einschließlich, jedoch nicht beschränkt auf, drahtlos, drahtgebunden, optische Faser, Kabel, HF, etc., oder irgendeiner geeigneten Kombination aus den Vorstehenden, übertragen werden.

[0038] Der Speicher 206 ist imstande, maschinenlesbare Anweisungen oder Anweisungen derart zu speichern, dass von dem Prozessor 204 auf die maschinenlesbaren Anweisungen zugegriffen werden kann. Die maschinenlesbaren Anweisungen können Logik oder einen Algorithmus/Algorithmen umfassen, welche in Programmiersprachen und deren Generationen (z.B. 1GL, 2GL, 3GL, 4GL oder 5GL) geschrieben sind, wie etwa zum Beispiel Maschinensprache, die unmittelbar von dem Prozessor 204 ausgeführt werden kann, oder Assembler-sprache, objektorientierte Programmierung (OOP) wie etwa JAVA, Smalltalk, C++ oder dergleichen, herkömmliche prozedurale Programmiersprachen,

Skriptsprachen, Mikrocode, etc., welche in maschinenlesbare Anweisungen kompiliert oder zusammengefasst und auf dem Speicher 206 gespeichert werden können. Alternativ können die maschinenlesbaren Anweisungen in einer Hardwarebeschreibungssprache (HDL) geschrieben sein, wie etwa Logik, die entweder über eine feldprogrammierbare Gatteranordnungs-(FPGA)-Konfiguration oder einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC) oder deren Äquivalente implementiert ist. Demgemäß können die hierin beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen in irgendeiner herkömmlichen Computerprogrammiersprache, als vorprogrammierte Hardwareelemente oder als eine Kombination aus Hardware- und Softwarekomponenten implementiert sein.

[0039] Es sei darauf hingewiesen, dass in dem Fall, dass der Prozessor 204 mehr als eine Verarbeitungsvorrichtung beinhaltet, die Verarbeitungsvorrichtungen zentral angeordnet (z.B. unmittelbar über eine drahtgebundene und/oder drahtlose Busstruktur miteinander gekoppelt) oder verteilt angeordnet (z.B. Cloud-Computing über indirekte Kopplung über ein lokales Netzwerk und/oder ein Weitverkehrsnetz) sein können. Es sei ferner angemerkt, dass in dem Fall, dass der Prozessor 204 eine oder mehrere seiner Funktionen über eine Zustandsmaschine, analoge Schaltungsanordnung, digitale Schaltungsanordnung und/oder Logikschaltung implementiert, der Speicher und/oder das Speicherelement, in dem die entsprechenden betrieblichen Anweisungen gespeichert sind, in der Schaltungsanordnung, welche die Zustandsmaschine, analoge Schaltungsanordnung, digitale Schaltungsanordnung und/oder Logikschaltung beinhaltet, eingebettet oder zu dieser extern sein kann.

[0040] Weiterhin sei angemerkt, dass der Speicher 206 hartcodierte und/oder betriebliche Anweisungen von Modulen, die zumindest einigen der in **Fig. 1-5** dargestellten Schritte und/oder Funktionen entsprechen, speichert und der Prozessor 204 diese ausführt.

[0041] Die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 kann ein oder mehrere Module beinhalten, von denen zumindest einige hierin beschrieben sind. Die Module sind als computerlesbarer Programmcode implementierbar, der bei Ausführung durch einen Prozessor 204 einen oder mehrere der verschiedenen hierin beschriebenen Prozesse implementiert. Eines oder mehrere der Module kann eine Komponente des Prozessors/der Prozessoren 204 sein, oder eines oder mehrere der Module kann auf anderen Verarbeitungssystemen, mit denen der Prozessor/die Prozessoren 204 betriebsmäßig verbunden ist/sind, ausgeführt und/oder hierauf verteilt sein. Die Module können Anweisungen (z.B. Programmlogik) beinhal-

ten, die von einem oder mehreren Prozessoren 204 ausführbar sind.

[0042] Die Drahtloskommunikationsschnittstelle 202 regelt und verwaltet allgemein die über ein Fahrzeugnetzwerk 212 empfangenen Daten. Die vorliegende Offenbarung ist nicht auf irgendeine bestimmte Hardwareanordnung beschränkt, und deshalb können ihre grundlegenden Merkmale für verbesserte Hardware- und/oder Firmware-Anordnungen, die gegebenenfalls entwickelt werden, ersetzt, weggelassen, hinzugefügt oder anderweitig abgeändert werden.

[0043] Die Antenne 112 kann ein oder mehrere leitfähige Elemente beinhalten, die mit elektromagnetischen Signalen interagieren, welche von Satelliten des Globalen Positionierungssystems übertragen werden. Die empfangenen Signale können in ein Datensignal transformiert werden, das den Standort (beispielsweise Breiten- und Längenposition) sowie ferner die Positionierung des Fahrzeugs bezogen auf Straßendaten anzeigt.

[0044] Die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 kann zum Empfangen von Signalen von Satelliten des Globalen Positionierungssystems, etwa über die Antenne 112 der Fahrzeugsteuerungseinheit 110 oder eine andere derartige Fahrzeugantenne (nicht gezeigt), kommunizierend verbunden sein. Die Antenne 220 wird betrieben, um eine Kommunikation mit der Fahrzeugsteuerungseinheit 200 durch Fahrzeug-zu-Fahrzeug-(V2V)-Kommunikation 240, durch Fahrzeug-zu-Infrastruktur-(V2I)-Kommunikation 250 und Drahtloskommunikation 230 bereitzustellen.

[0045] Bei der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-(V2V)-Kommunikation 240 kann das Fahrzeug 100 einem anderen Fahrzeug eine Nachricht senden, und das andere Fahrzeug kann dem Fahrzeug 100 durch dedizierte Nahbereichsfunkkommunikation eine Nachricht senden, um Nachrichten auszutauschen. In dem Beispiel aus **Fig. 2** stellt die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation 240 mit einer auf einer Trajektorienanfrage 242 basierenden Antwort 244 Fahrzeugmanövriertinformationen bereit, wie etwa Fahrspurveränderungen (z.B. Fahrspurwechselbefehl 240), Geschwindigkeitserhöhungen, plötzliche Stopps, übermäßige Verlangsamung aufgrund von Stau bedingt durch überhöhtes Verkehrsaufkommen, Verkehrssignale, Unfälle, etc. Zudem kann die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation 240 in Form einer Kettennachricht vorliegen, die von anderen Fahrzeugen drahtlos weitergeleitet wird. So kann die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 beim Herannahen eine Vorankündigung oder einen Hinweis auf eine Veränderung eines Verkehrsstaus empfangen. Zum Erhöhen der „Kolonnenstabilität“ für eine Gruppierung von Fahrzeugen, die zu Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation imstande ist, können Ketten-

nachrichten verwendet werden, wie im Einzelnen unter Bezugnahme auf **Fig. 3-5** erörtert wird.

[0046] Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation 250 kann dazu fungieren, Verkehrsstopstellen, wie etwa eine Ampel oder ein Verkehrszeichen, auszusenden und der Fahrzeugsteuerungseinheit 110 einen Vorabinweis auf die Wahrscheinlichkeit eines bevorstehenden Verkehrsstaus sowie auf Baken und/oder Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Vorrichtungen, die zum Sammeln von lokalen Verkehrsinformationen und lokalen Verkehrsstaus und Aussenden der gesammelten Daten betreibbar sind, zu liefern. Eine V2I-Kommunikation 250 kann Daten bezüglich der Ausmaße von Verkehrsstaus, etwa Rotlichtverstoß-Warndaten, Kurvengeschwindigkeits-Warndaten, Kreuzungsassistenz-Daten, Warndaten zu geschwindigkeitsbeschränkten Zonen, Stoppschildverstoß-Warndaten; und Bahnübergangsverstoß-Warndaten, beinhalten.

[0047] Im Betrieb kann die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 über die Antenne 112 Karten-Layer-Daten 252 als Reaktion auf eine Karten-Layer-Datenanfrage 250 empfangen. Karten-Layer-Daten 252 können von einem Server eines Drittanbieters bereitgestellt werden, der von einer Organisation betrieben wird, die Anwendungen bereitstellt wie etwa eine Kartierungsanwendung und Kartenanwendungs-Layer-Daten einschließlich Fahrbahninformationsdaten, Verkehrs-Layer-Daten, Geolokations-Layer-Daten, etc.

[0048] Karten-Layer-Daten 252 können Fahrbahndaten beinhalten, die von der Fahrzeugsteuerungseinheit 110 mit dem Trajektorienplan 134 verwendet werden können (**Fig. 1**). Beispielsweise können Karten-Layer-Daten 252 in einem Routennetzbeschreibungsdatei-(RNDF)-Format bereitgestellt werden. Eine Routennetzbeschreibungsdatei gibt beispielsweise zugängliche Straßenabschnitte an und stellt Informationen wie etwa Wegpunkte, Stoppschildstandorte, Fahrspurbreiten, Fixpunktorte, Parkplatzstandorte, etc. bereit. Das Routennetz hat keinen impliziten Anfangs- oder Endpunkt. Server wie etwa der Server 233 können Daten auch als Auftragsbeschreibungsdateien (MDF) für einen autonomen und/oder fahrerassistierten Fahrzeugbetrieb bereitstellen. Eine Auftragsbeschreibungsdatei (MDF) kann zum Angeben von Fixpunkten, die in einem Auftrag zu erreichen sind, wie etwa entlang einer Fahrtroute 134, fungieren (**Fig. 1**).

[0049] Die Drahtloskommunikation 226 kann auf einer oder mehreren Drahtloskommunikationssystem-Spezifikationen beruhen. Beispielsweise können Drahtloskommunikationssysteme in Übereinstimmung mit einer oder mehreren Standardspezifikationen einschließlich, jedoch nicht beschränkt auf, 3GPP (Partnerschaftsprojekt der

dritten Generation), 4GPP (Partnerschaftsprojekt der vierten Generation), 5GPP (Partnerschaftsprojekt der fünften Generation), LTE (Long Term Evolution), LTE Advanced, RFID, IEEE 802.11, Bluetooth, AMPS (Advanced Mobile Phone Services), D-AMPS, GSM (Global System for Mobile Communications), CDMA (Code Division Multiple Access), LMDS (Local Multi-point Distribution Systems), MMDS (Multi-channel Multi-point Distribution Systems), IrDa, Wireless USB, Z-Wave, ZigBee und/oder Variationen hiervon arbeiten.

[0050] Es versteht sich, dass der Kommunikationspfad 213 des Fahrzeugnetzwerks 212 aus einem Medium gebildet sein kann, das sich zum Übertragen eines Signals eignet, wie etwa beispielsweise leitenden Drähten, Leiterbahnen, Lichtwellenleitern oder dergleichen. Zudem kann der Kommunikationspfad 213 aus einer Kombination von Medien gebildet sein, die zum Übertragen von Signalen imstande sind. In einer Ausführungsform kann der Kommunikationspfad 213 eine Kombination aus Leiterbahnen, leitenden Drähten, Verbünden und Bussen sein, welche zusammenwirken, um die Übertragung von elektrischen Datensignalen an Komponenten wie etwa Prozessoren, Speicher, Sensoren, Eingabevorrichtungen, Ausgabevorrichtungen und Kommunikationsvorrichtungen zu erlauben.

[0051] Demgemäß kann der Kommunikationspfad 213 von einem Fahrzeubus oder Kombinationen hieraus, wie etwa beispielsweise einem Body Electronic Area Network (BEAN), einer Controller-Area-Network-(CAN)-Buskonfiguration, einer Audio-Visual-Communication-Local-Area-Network-(AVC-LAN)-Konfiguration, einer Local-Interconnect-Network-(LIN)-Konfiguration, einem Vehicle-Area-Network-(VAN)-Bus und/oder anderen Kombinationen von zusätzlichen Kommunikationssystem-Architekturen bereitgestellt werden, um eine Kommunikation zwischen Vorrichtungen und Systemen des Fahrzeugs 100 bereitzustellen.

[0052] Der Begriff „Signal“ ist so zu verstehen, dass er sich auf eine Wellenform (z.B. elektrisch, optisch, magnetisch, mechanisch oder elektromagnetisch), wie etwa Gleichstrom, Wechselstrom, sinusförmige Welle, Dreieckwelle, Rechteckwelle, Schwingung und dergleichen bezieht, welche imstande ist, zumindest einige der hierin beschriebenen Medien zu durchqueren.

[0053] Jeweilige Module der Fahrzeugsteuerungseinheit 110 und zugehörige Anweisungen veranlassen den Prozessor 204 bei Ausführung durch den Prozessor 204, Fahrzeugsensordaten zu empfangen und basierend auf den Fahrzeugsensordaten einen Erscheinungsmodus aus einer Mehrzahl von Erscheinungsmodi in Bezug auf einen Schwellwert zu wählen. Bei Ausführung durch den Prozessor

204 veranlassen die zugehörigen Anweisungen den Prozessor, einen Erscheinungsmodus auf virtuelle Fahrbahnmarkierungsdaten anzuwenden, um verbesserte virtuelle Fahrbahnmarkierungsdaten zu erzeugen, und die verbesserten virtuellen Fahrbahnmarkierungsdaten zur Anzeige durch eine graphische Benutzerschnittstelle des Fahrzeugs über die Drahtloskommunikationsschnittstelle 202 zu übertragen, wie im Einzelnen unter Bezugnahme auf **Fig. 3-5** erörtert wird.

[0054] **Fig. 3** veranschaulicht ein Blockdiagramm eines Funktionsmoduls, das in einem Speicher 206 (**Fig. 2**) der Fahrzeugsteuerungseinheit 110 gespeichert ist, wobei der Speicher 206 ein Fahrzeugdetektionsmodul 308 und ein Trajektorienmodifikationsmodul 312 speichert.

[0055] Das Fahrzeugdetektionsmodul 308, über Anweisungen, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen, basierend auf Fahrzeugsensordaten ein in einer Richtung des autonomen Fahrzeugs vorausfahrendes Fahrzeug zu erfassen und eine Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des Fahrzeugs zu übertragen.

[0056] Eine Fahrzeugsteuerungseinheit 110 (**Fig. 1** und **Fig. 2**) kann eine Antwort 244 empfangen. Es versteht sich, dass die Antwort 244 eine Trajektorienplanantwort, die einen ersten Sicherheitsschätzwert betrifft, eine echtzeitnahe Trajektorienantwort, die einen zweiten Sicherheitsschätzwert betrifft, und eine Leerantwort, die einen dritten Sicherheitsschätzwert betrifft, beinhalten kann.

[0057] Eine Leerantwort kann eine NACK-Antwort und eine „Nicht“-antwort beinhalten. Bei einer NACK-Antwort lässt das Fahrzeug vor dem autonomen Fahrzeug, das die Trajektorienanfrage übermittelt, eine Zurückweisung der Anfragenachricht erkennen (wie etwa inkompatible Kommunikationsprotokolle) und/oder lässt eine Art von Fehler erkennen (wenn etwa Daten innerhalb der Anfrage beschädigt oder an ein anderes Adressatenfahrzeug gerichtet werden, etc.).

[0058] Eine „Nicht“-antwort gibt an, dass das autonome Fahrzeug von dem Vorderfahrzeug ein Schweigen zurückhält. Optional kann eine Trajektorienanfrage erneut gesendet werden, oder alternativ kann das Fahrzeug vor dem autonomen Fahrzeug als ein manuell betriebenes Fahrzeug mit einem niedrigen Sicherheitsgrad bewertet werden.

[0059] Das Fahrzeugdetektionsmodul 308 kann dem Trajektorienplan-Modifikationsmodul 312 die Antwort 244 liefern.

[0060] Das Trajektorienplan-Modifikationsmodul 312 beinhaltet Anweisungen, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen, einen Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie des Fahrzeugs zu bestimmen. Es versteht sich, dass die Antwort 244 zum Beispiel eine Trajektorienplanantwort, die einen ersten Sicherheitsschätzwert betrifft, eine echtzeitnahe Trajektorienantwort, die einen zweiten Sicherheitsschätzwert betrifft, und eine Leerantwort, die einen dritten Sicherheitsschätzwert betrifft, beinhalten kann. Die echtzeitnahe Trajektorienantwort kann echtzeitnahe Betriebsparameter des Fahrzeugs beinhalten, wie etwa Fahrzeugkursdaten, Fahrzeuggeschwindigkeitsdaten, Fahrzeugspursteuerungsdaten, Fahrzeuglenkradwinkeldataen und/oder Fahrzeugbremsdaten.

[0061] Beispiele für den ersten, zweiten und dritten Sicherheitsschätzwert sind als grobe Sicherheitsschätzwerte zu verstehen. Das heißt, ein Ausgangssicherheitsschätzwert kann verschiedenen Antworten zugeordnet sein. Es versteht sich, dass der erste, zweite und dritte Sicherheitsschätzwert auf numerischen Werten, wie etwa zum Beispiel Sicherheitswerten von 100%, 50%, 0%, auf Fuzzy-Logik-Werten, wie etwa zum Beispiel äußerst sicherer Betrieb, sicherer Betrieb weniger wahrscheinlich, sicherer Betrieb unwahrscheinlich, etc., und anderen geeigneten Formen von Logikimplementierungen basieren kann.

[0062] Genaue Sicherheitsschätzwerte können auf Betriebsdaten gestützt werden, die in die Antworten auf die Trajektorienanfrage sowie in eine Beobachtung über Fahrzeugsensoren des Fahrzeugs vor dem autonomen Fahrzeug aufgenommen werden können. Beispielsweise kann die Antwort 244 Geschwindigkeitsdaten, Lenkradausrichtungsdaten, Bremsdaten, etc., beinhalten, anhand derer genaue Sicherheitsschätzwerte in Kombination mit groben Sicherheitsschätzungen erzeugt werden können.

[0063] Von einem Bezugspunkt eines autonomen Fahrzeugs aus können andere autonome Fahrzeuge hohe Betriebssicherheitsgrade haben. Hingegen kann ein manuell betriebenes Fahrzeug einen niedrigen Betriebssicherheitsgrad haben, und ein fahrerassistiert betriebenes Fahrzeug kann aufgrund von unterschiedlichen Informationsgraden, die an autonome Fahrzeuge übermittelt werden können, unterschiedliche Sicherheitsgrade zwischen autonomem Betrieb und manuellem Betrieb aufweisen.

[0064] Manuell betriebene Fahrzeuge können relativ hohe Sicherheitsschätzwerte (oder hohe Unsicherheitswerte) aufweisen, da künftige Fahrvergänge, bedingt durch die menschliche Natur, möglicherweise nicht ohne Weiteres absehbar sind. Die menschliche Natur kann sich auch bedingt durch die Fahrpraxis des Fahrzeugführers, Erkrankungen,

Aufmerksamkeit, etc. auf die Unsicherheit auswirken. Zudem werden Echtzeitbeobachtungen oder echtzeitnahe Beobachtungen eines manuell betriebenen Fahrzeugs aus der Perspektive eines autonomen Fahrzeugs nicht notwendigerweise in vorhersehbare Trajektorienpläne umgesetzt.

[0065] Das Fahrzeug kann auch ein fahrerassistiert betriebenes Fahrzeug sein, das einen variablen zweiten Sicherheitsschätzwert beinhalten kann. Diesbezüglich kann der Fahrzeugbetrieb weitgehend der Kontrolle eines Fahrzeugführers unterliegen; jedoch kann das Fahrzeug eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsfähigkeit zum Weiterleiten eines Trajektorienplans und auch von betrieblichen Metrikdaten (wie etwa Geschwindigkeitsdaten, Lenkradausrichtungsdaten, Bremsdaten, etc.) sowie von Fahrzeugführerdaten, die ein identifiziertes Fahrzeugführerprofil betreffen, beinhalten. Beispielsweise kann ein Fahrzeugführer anhand von biometrischen Daten, elektronischen Signaturvorrichtungen zu der Person des Fahrzeugführers, etc. identifiziert und mit einem Fahrzeugprofil abgeglichen werden. Das Fahrzeugführerprofil kann, sofern vorhanden, mit anderen Betriebsdaten übermittelt werden.

[0066] Basierend auf dem Sicherheitsschätzwert 314 kann das Trajektorienplan-Modifikationsmodul 312 basierend auf dem Sicherheitsschätzwert 314 einen Abstandspuffer 140 für das autonome Fahrzeug relativ zu dem Fahrzeug wählen. Basierend auf dem Abstandspuffer 140 kann das Trajektorienplan-Modifikationsmodul 312 einen Trajektorienplan 134 des autonomen Fahrzeugs 100 modifizieren (**Fig. 1**), um basierend auf dem Abstandspuffer 140 einen modifizierten Trajektorienplan 218 zu erstellen.

[0067] Es versteht sich, dass in einer heterogenen Fahrzeugumgebung das Fahrzeug vor dem autonomen Fahrzeug möglicherweise kein autonomes Fahrzeug ist und in Bezug auf das Fahrzeugverhalten (wie etwa wahrgenommenes erratisches Fahren, Unfähigkeit, eine Geschwindigkeit zu halten, häufiges Bremsen, etc.) einen Sicherheitsgrad aufweisen kann.

[0068] Wenn die Antwort 244 eine Leerantwort sein kann, kann das Trajektorienplan-Modifikationsmodul 312 zum Verbessern eines Sicherheitsschätzwertes 314 basierend auf beobachteten Betriebseigenschaften eines voranfahrenden Fahrzeugs (oder Vorderfahrzeugs) arbeiten. Das Trajektorienplan-Modifikationsmodul 312 kann demgemäß basierend auf einer Geschwindigkeit, Radrichtung, Spurhaltefähigkeit, etc. einen Trajektorienplan für das Fahrzeug ableiten und daraus einen kurzfristigen abgeleiteten Trajektorienplan für einen vorbestimmten, zukunftsgerichteten Zeitraum erstellen. Basierend auf dem abgeleiteten Trajektorienplan mit einem zugehörigen abgeleiteten Sicherheitsschätzwert können der

Sicherheitsschätzwert 314 für den abgeleiteten Trajektorienplan und die Antwort 244 erzeugt werden. Das Trajektorienplan-Modifikationsmodul 312 kann einen Abstandspuffer 140 für das autonome Fahrzeug relativ zu dem voranfahrenden Fahrzeug wählen.

[0069] Der Abstandspuffer 140 bezieht sich allgemein auf einen Folgeabstand zu einem Vorderfahrzeug. Bei günstigen Sicherheitsschätzwerten können autonome und fahrerassistierte Vorgänge implementiert werden, etwa solche für eine adaptive Geschwindigkeitsregelung (ACC), und kooperative, adaptive Geschwindigkeitsregelungs-(CACC)-Systeme können genutzt werden, um für einen verbesserten Verkehrsfluss zu sorgen. Es versteht sich, dass CACC-Systeme über automatisierte Fahrzeugvorrichtungen sowie bei fahrerassistierten Fahrzeugvorrichtungen bereitgestellt werden können. Zudem kann ein solches Leistungsvermögen in anderen autonomen Systemen bereitgestellt werden, um manuell betriebene Fahrzeuge zu berücksichtigen und Entscheidungen autonomer Systeme basierend auf Sicherheitsschätzwerten anderer Fahrzeuge zu beurteilen, während diese in einer heterogenen Fahrzeugumgebung betrieben werden.

[0070] Adaptive Geschwindigkeitsregelungssysteme werden basierend auf einer „Kolonnenstabilität“ bewertet. Das heißt, durch ein bremsendes und beschleunigendes Fahrzeug können in einem Verkehrsfluss Schwankungen eingebracht werden, und diese können dann in der Stromaufwärtsrichtung verstärkt werden.

[0071] Eine adaptive Geschwindigkeitsregelungsvorrichtung kann auch als aktive Geschwindigkeitsregelung, autonome Geschwindigkeitsregelung, intelligente Geschwindigkeitsregelung, Radargeschwindigkeitsregelung, etc. bezeichnet werden. In einer adaptiven Geschwindigkeitsregelvorrichtung kann ein Abstand anhand eines Fahrzeugobjektensors 102 gemessen werden (**Fig. 1**).

[0072] Im Betrieb kann ein Fahrzeugführer (etwa in einem fahrerassistierten Betrieb) eine adaptive Geschwindigkeitsregelungsvorrichtung aktivieren und eine gewünschte Geschwindigkeit einstellen. Ein Fahrzeugführer kann dann einen gewünschten Abstandspuffer zu einem Vorderfahrzeug wählen (etwa durch Drücken eines Knopfs zum Wechseln zwischen kurzen, mittleren und langen Folgeabständen).

[0073] Allgemein weisen adaptive Geschwindigkeitsregelungssysteme keine hohe „Kolonnenstabilität“ auf. Menschliche Fahrer können eine verringerte Kolonnenstabilität aufweisen, da Reaktionszeiten und Handlungen des Menschen, wie etwa das Bewegen des Fußes vom Gas- zum Bremspedal, verzögern

gert sind. Ein adaptives Geschwindigkeitsregelsystem kann diese Verzögerung verbessern, doch erfolgt eine Phasenverzögerung aufgrund des Schätzalgorithmus, der nötig ist, um die Messwerte einzelner Bereiche (die von etwa Radar- und/oder LIDAR-basierten Fahrzeugobjektsensorvorrichtungen zugeführt werden) in eine Veränderungsmetrik über einen Zeitbereich (das heißt, Beschleunigung und Verzögerung des Vorderfahrzeugs) zu konvertieren.

[0074] Demgegenüber verbessert ein kooperatives, adaptives Geschwindigkeitsregelungs-(CACC)-System die Kolonnenstabilität, indem es drahtlose Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation und eine zugehörige Steuerlogik beinhaltet, um das Fahrzeugfolgevermögen adaptiver Geschwindigkeitsregelungs-(ACC)-Systeme zu verbessern. Die Kolonnenstabilität kann durch Verringern der Verzögerung des Ansprechens der Fahrzeuge auf ein voranfahrendes Fahrzeug verbessert werden.

[0075] Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation, die in einem CACC-System (wie etwa bei autonomen oder höhergradig fahrerassistierten Betriebsabläufen) erfolgt, stellt Informationen bereit, die nicht auf das Fahrzeug unmittelbar vor dem Fahrzeug beschränkt sind, sondern auch Informationen über ein fahrendes Fahrzeug oder weiter vorne fahrende Fahrzeuge. Das heißt, Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation gibt Schlüsselparameter wie etwa Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, etc. von Fahrzeugen in der „Kolonne“ weiter.

[0076] Es versteht sich, dass der Abstandspuffer 140 ein zwischen Fahrzeugen mit Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation und zugehöriger Logik vereinbarter Wert sein kann. Mit Auftreten von manuell betriebenen Fahrzeugen oder fahrerassistierten Fahrzeugen mit begrenzter Funktionalität kann ein Fahrzeug 100 so betrieben werden, dass es einen Abstandspuffer 140 basierend auf einem Sicherheitsschätzwert 314 anpasst.

[0077] Der modifizierte Trajektorienplan 218 kann einem Übertragungsmodul 318 zum Formatieren zur Überstellung an ein Fahrzeugnetzwerk 212 und/oder an andere Fahrzeuge über die Drahtlos-kommunikationsschnittstelle 202 durch Drahtlos-kommunikation 240 und/oder 250 zur Verfügung gestellt werden.

[0078] **Fig. 4** veranschaulicht ein Betriebsbeispiel des Erfassens eines voranfahrenden Fahrzeugs 402 mit einer Objektsensorvorrichtung 102-1 in einer heterogenen Fahrzeugumgebung. Der besseren Übersichtlichkeit halber bezieht sich das Beispiel auf eine Abstandspuffer-Vorwärtskomponente 148 des Abstandspuffers 140, mit der Maßgabe, dass die Fahrzeugsteuerungseinheit 110 (**Fig. 1**) auf ähn-

liche Weise zum Wählen einer Abstandspuffer-Heck-, Backbord- und Steuerbordkomponente (**Fig. 1**) des Abstandspuffers 140 betrieben werden kann.

[0079] Das Fahrzeug 100 wird über die Fahrzeugesteuerungseinheit 110 (**Fig. 1**) betrieben, um das voranfahrende Fahrzeug 402 auf Grundlage von Fahrzeugsensordaten 216 basierend auf Objektpunkten 406 des Fahrzeugs 402 zu erfassen. Das autonome Fahrzeug 100 kann zum Übertragen einer Trajektorienanfrage 242 nach Trajektorieninformationen des Fahrzeugs 402 betrieben werden. Das Fahrzeug 100 kann eine Antwort auf die Trajektorienanfrage 242 empfangen.

[0080] Die Fahrzeugesteuerungseinheit 110 (**Fig. 1**) des Fahrzeugs 100 kann betrieben werden, um einen Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie des Fahrzeugs 402 zu bestimmen und basierend auf dem Sicherheitsschätzwert eine Abstandspuffer-Vorwärtskomponente 148 eines sich auf das Fahrzeug 402 beziehenden Abstandspuffers 140 zu wählen. Es versteht sich, dass die Objektsensorvorrichtung 102-1 zum Erfassen des sich auf einen Abstand 420 beziehenden Fahrzeugs 402 betrieben werden kann. Der Abstand 420 bezieht sich allgemein auf eine Sensorreichweite der Objektsensorvorrichtung 102-1. Andere Abstandspufferkomponenten 142, 144 und 146 (**Fig. 1**) des Abstandspuffers 140 können so gewählt werden, dass sie sich auf Fahrzeuge beziehen, die lateral, longitudinal oder in einer Kombination hieraus zu dem autonomen Fahrzeug 100 positioniert sind.

[0081] Es versteht sich, dass die Abstandspuffer-Vorwärtskomponente 148 des Abstandspuffers 140 mit abnehmendem Sicherheitsschätzwert zunehmen kann und mit zunehmendem Sicherheitsschätzwert abnehmen kann. Auf diese Weise sind in heterogenen Fahrzeugumgebungen effizientere Verkehrsflüsse erkennbar, indem Fahrzeuge mit verschiedenen Betriebszuständen (wie etwa autonom, fahrerassistiert, manuell betrieben, etc.) berücksichtigt werden.

[0082] Es versteht sich, dass in dem Beispiel im Zusammenhang mit einem CACC-(kooperativen, adaptiven Geschwindigkeitsregelungs-)System ein fahrzeugbezogener Sicherheitsschätzwert über die V2V-Drahtloskommunikation 240 an nachfolgende Fahrzeuge kommuniziert werden kann. Die dem Fahrzeug 100 folgenden Fahrzeuge können jeweilige Abstandspuffer innerhalb der Kolonne wählen, um „Sicherheits“-Schätzungen in Bezug auf den Betrieb des Fahrzeugs 402 Rechnung zu tragen. Weiterhin versteht es sich, dass unterschiedliche autonome und/oder fahrerassistierte Fahrzeugmodelle unterschiedliche Betriebseigenschaften aufweisen können. Beispielsweise können unterschiedliche Hersteller jeweils unterschiedliche Beschleunigungs-

merkmale, Bremsmerkmale, Ansprechverhalten, etc., haben, die beim Wählen eines Abstandspuffers 140 auch berücksichtigt werden können.

[0083] **Fig. 5** ist ein beispielhafter Prozess 500 für einen autonomen Betrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung. In Vorgang 502 kann eine Fahrzeugsteuerungseinheit basierend auf Fahrzeugsensordaten ein in einer Richtung des Fahrzeugs vorausfahrendes Fahrzeug erfassen. Wenn in Vorgang 504 ein voranfahrendes oder vorne befindliches Fahrzeug erfasst wird, kann in Vorgang 506 eine Trajektorienanfrage übertragen werden. Die Trajektorienanfrage bezieht sich auf Trajektorieninformationen des Fahrzeugs. Trajektorieninformationen können einen Trajektorienplan, eine Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeugmarke, Modell, installierte Firmware, Zielpunkt und Trajektorienpunktvorgänge (wie etwa Verzögerungen, Stopps, Abbiegen, Beschleunigungen, etc.) an verschiedenen vorbestimmten Markierungen, die sich auf GPS- und/oder Kartierungstechnologien befinden können, beinhalten.

[0084] Basierend auf einer Antwort auf die Trajektorienanfrage in Vorgang 508 wird in Vorgang 510 ein Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie des Fahrzeugs bestimmt. Es versteht sich, dass die Antwort (a) eine Trajektorienplanantwort, die einen ersten Sicherheitsschätzwert betrifft, (b) eine echtzeitnahe Trajektorienantwort, die einen zweiten Sicherheitsschätzwert betrifft, und (c) eine Leerantwort, die einen dritten Sicherheitsschätzwert betrifft, beinhalten kann. Die echtzeitnahe Trajektorienantwort beinhaltet echtzeitnahe Betriebsparameter des Fahrzeugs wie etwa Fahrzeugkursdaten, Fahrzeuggeschwindigkeitsdaten, Fahrzeugspursteuerungsdaten, Fahrzeuglenkradwinkeldata und/oder Fahrzeugbremsdaten.

[0085] Eine Leerantwort kann eine NACK-Antwort oder eine „Nicht“-antwort beinhalten. Bei einer NACK-Antwort lässt das Fahrzeug vor dem autonomen Fahrzeug, das die Trajektorienanfrage übermittelt, eine Zurückweisung der Anfragenachricht erkennen (wie etwa inkompatible Kommunikationsprotokolle) und/oder lässt eine Art von Fehler erkennen (wenn etwa Daten innerhalb der Anfrage beschädigt oder an ein anderes Adressatenfahrzeug gerichtet werden, etc.).

[0086] Eine „Nicht“-antwort gibt an, dass das autonome Fahrzeug von dem Vorderfahrzeug ein Schweigen zurückhält. Optional kann eine Trajektorienanfrage erneut gesendet werden, oder alternativ kann das Fahrzeug vor dem autonomen Fahrzeug als ein manuell betriebenes Fahrzeug mit einem niedrigen Sicherheitsgrad bewertet werden.

[0087] Beispiele für den ersten, zweiten und dritten Sicherheitsschätzwert sind als grobe Sicherheitsschätzwerte zu verstehen. Das heißt, unterschiedlichen Antworten kann ein Ausgangssicherheitsschätzwert zugeordnet sein. Es versteht sich, dass der erste, zweite und dritte Sicherheitsschätzwert auf numerischen Werten wie etwa zum Beispiel Sicherheitswerten von 100%, 50%, 0%- auf Fuzzy-Logik-Werten, wie etwa zum Beispiel äußerst sicherer Betrieb, sicherer Betrieb weniger wahrscheinlich, sicherer Betrieb unwahrscheinlich, etc., und anderen geeigneten Formen von Logikimplementierungen basieren kann.

[0088] Genaue Sicherheitsschätzwerte können auf Betriebsdaten gestützt werden, die in die Antworten auf die Trajektorienanfrage sowie in eine Beobachtung über Fahrzeugsensoren des Fahrzeugs vor dem autonomen Fahrzeug aufgenommen werden können. Beispielsweise kann die Antwort 244 Geschwindigkeitsdaten, Lenkradausrichtungsdaten, Bremsdaten, Fahrzeugmodelldaten, Kommunikationsprotokolldaten etc., beinhalten, anhand derer genaue Sicherheitsschätzwerte in Kombination mit groben Sicherheitsschätzungen erzeugt werden können.

[0089] Von einem Bezugspunkt eines autonomen Fahrzeugs aus können andere autonome Fahrzeuge hohe Betriebssicherheitsgrade haben. Hingegen kann ein manuell betriebenes Fahrzeug einen niedrigen Betriebssicherheitsgrad haben, und ein fahrerassistiert betriebenes Fahrzeug kann aufgrund von unterschiedlichen Informationsgraden, die an autonome Fahrzeuge übermittelt werden können, unterschiedliche Sicherheitsgrade zwischen autonomem Betrieb und manuellem Betrieb aufweisen.

[0090] Manuell betriebene Fahrzeuge können relativ hohe Sicherheitsschätzwerte (oder hohe Unsicherheitswerte) aufweisen, da künftige Fahrvorgänge, bedingt durch die menschliche Natur, möglicherweise nicht ohne Weiteres absehbar sind. Die menschliche Natur kann sich auch bedingt durch die Fahrpraxis des Fahrzeugführers, Erkrankungen, Aufmerksamkeit, etc. auf die Unsicherheit auswirken. Zudem werden Echtzeitbeobachtungen oder echtzeitnahe Beobachtungen eines manuell betriebenen Fahrzeugs aus der Perspektive eines autonomen Fahrzeugs nicht notwendigerweise in vorhersehbare Trajektorienpläne umgesetzt.

[0091] Das Fahrzeug kann auch ein fahrerassistiert betriebenes Fahrzeug sein, das einen variablen zweiten Sicherheitsschätzwert beinhalten kann. Diesbezüglich kann der Fahrzeughbetrieb weitgehend der Kontrolle eines Fahrzeugführers unterliegen; jedoch kann das Fahrzeug eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsfähigkeit zum Weiterleiten eines Trajektorienplans und auch von betrieblichen

Metrikdaten (wie etwa Geschwindigkeitsdaten, Lenkradausrichtungsdaten, Bremsdaten, etc.) sowie von Fahrzeugführerdaten, die ein identifiziertes Fahrzeugführerprofil betreffen, beinhalten. Beispielsweise kann ein Fahrzeugführer anhand von biometrischen Daten, elektronischen Signaturvorrichtungen zu der Person des Fahrzeugführers, etc. identifiziert und mit einem Fahrzeugprofil abgeglichen werden. Das Fahrzeugführerprofil kann, sofern vorhanden, mit anderen Betriebsdaten übermittelt werden.

[0092] Mit dem Sicherheitsschätzwert von Vorgang 510 kann in Vorgang 512 ein Abstandspuffer für den autonomen Fahrzeugbetrieb relativ zu dem Fahrzeug gewählt werden, und in Vorgang 514 kann ein Trajektorienplan des autonomen Fahrzeugbetriebs modifiziert werden, um basierend auf dem Abstandspuffer einen modifizierten Trajektorienplan zu erstellen. Es versteht sich, dass sich Modifikationen des Trajektorienplans dahingehend auswirken können, dass Zeitpunkte für Spurwechsel, Vornahme von Fahrzeugmanövern, Ankunftszeiten an einem Ziel, etc. angepasst werden.

[0093] Bei Vorgang 516 kann der modifizierte Trajektorienplan an andere Fahrzeuge ausgesendet werden. Diesbezüglich kann Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation, Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation, etc. verwendet werden, um den modifizierten Trajektorienplan an andere Fahrzeuge zu übermitteln. Dabei können andere Fahrzeuge mit autonomer Betriebsfähigkeit jeweilige Trajektorienpläne entsprechend anpassen und ferner einen Abstandspuffer mit anderen Fahrzeugen der heterogenen Fahrzeugumgebung anpassen.

[0094] Zwar wurden bestimmte Kombinationen verschiedener Funktionen und Merkmale der vorliegenden Erfindung ausdrücklich hierin beschrieben, doch sind andere Kombinationen dieser Merkmale und Funktionen, die nicht durch die hierin offenbarten bestimmten Beispiele beschränkt sind, möglich und werden ausdrücklich im Rahmen der vorliegenden Erfindung mit einbezogen.

[0095] Für einen Durchschnittsfachmann versteht es sich, dass der Begriff „im Wesentlichen“ oder „annähernd“, wie er möglicherweise hierin verwendet wird, eine fachübliche Toleranz für den entsprechenden Terminus und/oder eine Relativität zwischen Elementen vorsieht.

[0096] Ferner versteht es sich für einen Durchschnittsfachmann, dass der Begriff „gekoppelt“, wie er möglicherweise hierin verwendet wird, ein direktes und indirektes Koppeln über ein anderes Bauteil, Element, einen Schaltkreis oder ein Modul beinhaltet, wenn im Fall einer unmittelbaren Kopplung das dazwischengeschaltete Bauteil, Element, der Schaltkreis oder das Modul die Informationen eines Signals

nicht verändert, sondern dessen Strompegel, Spannungspegel und/oder Leistungspegel anpassen kann. Auch versteht es sich für einen Durchschnittsfachmann, dass eine abgeleitete Kopplung (das heißt, ein Element ist durch eine Ableitung mit einem anderen Element gekoppelt), genau wie „gekoppelt“, eine direkte und indirekte Kopplung zwischen zwei Elementen beinhaltet.

[0097] So wie der Begriff „Modul“ in der Beschreibung der Zeichnungen verwendet wird, beinhaltet ein Modul einen Funktionsblock, der in Hardware, Software und/oder Firmware implementiert ist, die eine oder mehrere Funktionen wie etwa das Verarbeiten eines Eingangssignals zum Erzeugen eines Ausgangssignals ausführt. Wie hierin verwendet, kann ein Modul Teilmodule enthalten, die selbst Module sind.

[0098] Somit wurden hierin eine Vorrichtung und ein Verfahren sowie mehrere Ausführungsformen, einschließlich einer bevorzugten Ausführungsform, zum Implementieren eines autonomen Fahrzeugbetriebs in einer heterogenen Fahrzeugumgebung beschrieben.

[0099] Die vorstehende Beschreibung betrifft die derzeit für am zweckmäßigsten gehaltenen Ausführungsformen. Es sollte jedoch verstanden werden, dass die Offenbarung nicht auf diese Ausführungsformen zu beschränken ist, sondern vielmehr dazu gedacht ist, verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen abzudecken, die im Geist und Umfang der angehängten Ansprüche beinhaltet sind, wobei der Umfang im breitesten Sinne auszulegen ist, so dass alle Modifikationen und äquivalenten Strukturen wie gesetzlich zulässig umfasst sind.

Patentansprüche

1. Verfahren für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung, wobei das Verfahren umfasst:
Erfassen, basierend auf Fahrzeugsensordaten von dem autonomen Fahrzeug, eines voraus und in einer Richtung des autonomen Fahrzeugs fahrenden Fahrzeugs;
Übertragen einer Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des erfassten Fahrzeugs; und basierend auf einer Antwort des erfassten Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage, wobei die Antwort indikativ dafür ist, ob das erfasste Fahrzeug eines aus einem Fahrzeug mit einem vollständigen Satz autonomer Fahrzeugoperationen, einem Fahrzeug mit einem Teilsatz autonomer Fahrzeugoperationen und einem manuell betriebenen Fahrzeug ist; Bestimmen eines Sicherheitsschätzwertes für eine Trajektorie des erfassten Fahrzeugs;
Wählen eines zu dem Sicherheitsschätzwert proportionalen Abstandspuffers für den autonomen Fahr-

zeugbetrieb relativ zu dem erfassten Fahrzeug; und Modifizieren eines Trajektorienplans des autonomen Fahrzeugbetriebs zum Erstellen eines modifizierten Trajektorienplans basierend auf dem Abstandspuffer, um den autonomen Fahrzeugbetrieb des autonomen Fahrzeugs zu modifizieren, wobei die Antwort auf die Trajektorienanfrage umfasst:

eine Trajektorienplanantwort einschließlich einer erwarteten Trajektorie für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum;

eine echtzeitnahe Trajektorienantwort einschließlich echtzeitnaher Betriebsparameter des erfassten Fahrzeugs; und/oder

eine Leerantwort; und

wobei:

die Trajektorienplanantwort einen ersten Sicherheitsschätzwert betrifft;

die echtzeitnahe Trajektorienantwort einen zweiten Sicherheitsschätzwert betrifft; und

die Leerantwort einen dritten Sicherheitsschätzwert betrifft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst:

Aussenden des modifizierten Trajektorienplans.

3. Verfahren nach Anspruch 1, das umfasst:

Ableiten eines Trajektorienplans für das erfasste Fahrzeug basierend auf der Antwort und daraus Erstellen eines abgeleiteten Trajektorienplans für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum, wobei sich der abgeleitete Trajektorienplan auf einen genauen Sicherheitsschätzwert bezieht;

Bestimmen des Sicherheitsschätzwertes für den abgeleiteten Trajektorienplan des erfassten Fahrzeugs basierend auf einem groben Sicherheitsschätzwert, der sich auf die Antwort und den genauen Sicherheitsschätzwert bezieht; und

Wählen des Abstandspuffers für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug.

4. Verfahren für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung, wobei das Verfahren umfasst:

Erfassen, basierend auf Fahrzeugsensordaten von dem autonomen Fahrzeug, eines voraus und in einer Richtung des autonomen Fahrzeugs fahrenden Fahrzeugs;

Übertragen einer Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des erfassten Fahrzeugs; und basierend auf einer Antwort des erfassten Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage:

Bestimmen eines Sicherheitsschätzwertes für eine Trajektorie des erfassten Fahrzeugs;

Wählen eines zu dem Sicherheitsschätzwert proportionalen Abstandspuffers für den autonomen Fahrzeugbetrieb relativ zu dem erfassten Fahrzeug; und Modifizieren eines Trajektorienplans des autonomen Fahrzeugbetriebs zum Erstellen eines modifizierten

Trajektorienplans basierend auf dem Abstandspuffer, um den autonomen Fahrzeugbetrieb des autonomen Fahrzeugs zu modifizieren, wobei die Antwort auf die Trajektorienanfrage umfasst:

eine Trajektorienplanantwort einschließlich einer erwarteten Trajektorie für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum;

eine echtzeitnahe Trajektorienantwort einschließlich echtzeitnaher Betriebsparameter des erfassten Fahrzeugs; und/oder

eine Leerantwort;

wobei:

die Trajektorienplanantwort einen ersten Sicherheitsschätzwert betrifft;

die echtzeitnahe Trajektorienantwort einen zweiten Sicherheitsschätzwert betrifft; und

die Leerantwort einen dritten Sicherheitsschätzwert betrifft; und

wenn die Antwort auf die Trajektorienanfrage eine Leerantwort beinhaltet, Bestimmen des Sicherheitsschätzwertes für die Trajektorie des erfassten Fahrzeugs durch:

Ableiten eines Trajektorienstabilitätszustands des erfassten Fahrzeugs basierend auf den Fahrzeugsensordaten von dem autonomen Fahrzeug;

Bestimmen des Sicherheitsschätzwertes für die Trajektorie des erfassten Fahrzeugs aus dem Trajektorienstabilitätszustand; und

Wählen des Abstandspuffers für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug.

5. Verfahren für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung, wobei das Verfahren umfasst:

Erfassen, basierend auf Fahrzeugsensordaten eines führenden autonomen Fahrzeugs einer Mehrzahl von Fahrzeugen unter dem autonomen Fahrzeugbetrieb, eines voraus und in einer Richtung des führenden Fahrzeugs fahrenden Fahrzeugs;

Übertragen einer Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des erfassten Fahrzeugs; und basierend auf einer Antwort des erfassten Fahrzeugs auf die Trajektorienanfrage, wobei die Antwort indikativ dafür ist, ob das erfasste Fahrzeug eines aus einem Fahrzeug mit einem vollständigen Satz autonomer Fahrzeugoperationen, einem Fahrzeug mit einem Teilsatz autonomer Fahrzeugoperationen und einem manuell betriebenen Fahrzeug ist:

Bestimmen eines Sicherheitsschätzwertes für eine Trajektorie des erfassten Fahrzeugs;

Wählen eines Abstandspuffers für das fahrende autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug; und

Modifizieren eines Trajektorienplans des fahrenden autonomen Fahrzeugs, um basierend auf dem Abstandspuffer einen modifizierten Trajektorienplan zum Aussenden zu der Mehrzahl von Fahrzeugen zu erstellen,

wobei die Antwort auf die Trajektorienanfrage

umfasst:

eine Trajektorienplanantwort einschließlich einer erwarteten Trajektorie für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum;

eine echtzeitnahe Trajektorienantwort einschließlich echtzeitnaher Betriebsparameter des erfassten Fahrzeugs; und/oder

eine Leerantwort; und

wobei:

die Trajektorienplanantwort einen ersten Sicherheitsschätzwert betrifft;

die echtzeitnahe Trajektorienantwort einen zweiten Sicherheitsschätzwert betrifft; und

die Leerantwort einen dritten Sicherheitsschätzwert betrifft.

6. Verfahren nach Anspruch 5, das ferner umfasst:

Aussenden des modifizierten Trajektorienplans an die Mehrzahl von Fahrzeugen.

7. Verfahren nach Anspruch 5, das umfasst:

Ableiten eines Trajektorienplans für das erfasste Fahrzeug basierend auf der Antwort und daraus Erstellen eines abgeleiteten Trajektorienplans für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum, wobei sich der abgeleitete Trajektorienplan auf einen genauen Sicherheitsschätzwert bezieht;

Bestimmen des Sicherheitsschätzwertes für den abgeleiteten Trajektorienplan des erfassten Fahrzeugs basierend auf einem groben Sicherheitsschätzwert, der sich auf die Antwort und den genauen Sicherheitsschätzwert bezieht; und Wählen des Abstandspuffers für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug.

8. Verfahren nach Anspruch 5, das umfasst:

wenn die Antwort auf die Trajektorienanfrage eine Leerantwort beinhaltet, Bestimmen des Sicherheitsschätzwertes für die Trajektorie des erfassten Fahrzeugs durch:

Ableiten eines Trajektorienstabilitätszustands des erfassten Fahrzeugs basierend auf den Fahrzeugsensordaten von dem autonomen Fahrzeug;

Bestimmen des Sicherheitsschätzwertes für die Trajektorie des erfassten Fahrzeugs aus dem Trajektorienstabilitätszustand; und

Wählen des Abstandspuffers für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug.

9. Fahrzeugsteuerungseinheit für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeuggumgebung, wobei die Fahrzeugsteuerungseinheit umfasst:

eine Drahtloskommunikationsschnittstelle zum Unterhalten einer Kommunikation mit einem Fahrzeugnetzwerk;

einen Prozessor, der mit der Drahtloskommunikationsschnittstelle und einer Mehrzahl von Fahrzeugsensorvorrichtungen kommunizierend gekoppelt ist;

und

einen Speicher, der mit dem Prozessor kommunizierend gekoppelt ist und speichert:

ein Fahrzeugdetektionsmodul, das Anweisungen beinhaltet, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen:

ein voraus und in einer Richtung des autonomen Fahrzeugs fahrendes Fahrzeug basierend auf Fahrzeugsensordaten von einem autonomen Fahrzeug zu erfassen;

eine Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des erfassten Fahrzeugs zu übertragen; und eine Antwort auf die Trajektorienanfrage zu empfangen, wobei die Antwort indikativ dafür ist, ob das erfasste Fahrzeug eines aus einem Fahrzeug mit einem vollständigen Satz autonomer Fahrzeugoperationen, einem Fahrzeug mit einem Teilsatz autonomer Fahrzeugoperationen und einem manuell betriebenen Fahrzeug ist; und

ein Trajektorienplan-Modifikationsmodul, das Anweisungen beinhaltet, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen:

einen Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie des erfassten Fahrzeugs basierend auf der Antwort zu bestimmen;

einen Abstandspuffer für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug und dem Sicherheitsschätzwert zu wählen; und

einen Trajektorienplan des autonomen Fahrzeugs zu modifizieren, um basierend auf dem Abstandspuffer einen modifizierten Trajektorienplan zu erstellen,

wobei die Antwort auf die Trajektorienanfrage umfasst:

eine Trajektorienplanantwort einschließlich einer erwarteten Trajektorie für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum;

eine echtzeitnahe Trajektorienantwort einschließlich echtzeitnaher Betriebsparameter des erfassten Fahrzeugs; und/oder

eine Leerantwort; und

wobei:

die Trajektorienplanantwort einen ersten Sicherheitsschätzwert betrifft;

die echtzeitnahe Trajektorienantwort einen zweiten Sicherheitsschätzwert betrifft; und

die Leerantwort einen dritten Sicherheitsschätzwert betrifft.

10. Fahrzeugsteuerungseinheit nach Anspruch 9, die ferner aufweist:

ein Übertragungsmodul, das Anweisungen beinhaltet, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen:

den modifizierten Trajektorienplan auszusenden.

11. Fahrzeugsteuerungseinheit nach Anspruch 9, wobei das Trajektorienplan-Modifikationsmodul ferner Anweisungen beinhaltet, die den Prozessor

bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen:
 einen Trajektorienplan für das erfasste Fahrzeug basierend auf der Antwort abzuleiten und daraus einen abgeleiteten Trajektorienplan für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum zu erstellen, wobei sich der abgeleitete Trajektorienplan auf einen genauen Sicherheitsschätzwert bezieht;
 den Sicherheitsschätzwert für den abgeleiteten Trajektorienplan des erfassten Fahrzeugs basierend auf einem groben Sicherheitsschätzwert zu bestimmen, der sich auf die Antwort und den genauen Sicherheitsschätzwert bezieht; und
 den Abstandspuffer für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug zu wählen.

12. Fahrzeugsteuerungseinheit für einen autonomen Fahrzeugbetrieb in einer heterogenen Fahrzeugumgebung, wobei die Fahrzeugsteuerungseinheit aufweist:
 eine Drahtloskommunikationsschnittstelle zum Unterhalten einer Kommunikation mit einem Fahrzeugnetzwerk;
 einen Prozessor, der mit der Drahtloskommunikationsschnittstelle und einer Mehrzahl von Fahrzeugsensorvorrichtungen kommunizierend gekoppelt ist; und
 einen Speicher, der mit dem Prozessor kommunizierend gekoppelt ist und speichert:
 ein Fahrzeugdetektionsmodul, das Anweisungen beinhaltet, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen:
 ein voraus und in einer Richtung des autonomen Fahrzeugs fahrendes Fahrzeug basierend auf Fahrzeugsensordaten von einem autonomen Fahrzeug zu erfassen;
 eine Trajektorienanfrage nach Trajektorieninformationen des erfassten Fahrzeugs zu übertragen; und
 eine Antwort auf die Trajektorienanfrage zu empfangen, und
 ein Trajektorienplan-Modifikationsmodul, das Anweisungen beinhaltet, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen:
 einen Sicherheitsschätzwert für eine Trajektorie des erfassten Fahrzeugs basierend auf der Antwort zu bestimmen;
 einen Abstandspuffer für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug und dem Sicherheitsschätzwert zu wählen; und
 einen Trajektorienplan des autonomen Fahrzeugs zu modifizieren, um basierend auf dem Abstandspuffer einen modifizierten Trajektorienplan zu erstellen;
 wobei die Antwort auf die Trajektorienanfrage umfasst:
 eine Trajektorienplanantwort einschließlich einer erwarteten Trajektorie für einen vorbestimmten zukunftsgerichteten Zeitraum;
 eine echtzeitnahe Trajektorienantwort einschließlich echtzeitnaher Betriebsparameter des erfassten Fahrzeugs; und/oder

eine Leerantwort;
 wobei:
 die Trajektorienplanantwort einen ersten Sicherheitsschätzwert betrifft;
 die echtzeitnahe Trajektorienantwort einen zweiten Sicherheitsschätzwert betrifft; und
 die Leerantwort einen dritten Sicherheitsschätzwert betrifft; und wobei das Trajektorienplan-Modifikationsmodul ferner Anweisungen beinhaltet, die den Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor veranlassen:
 wenn die Antwort auf die Trajektorienanfrage eine Leerantwort beinhaltet, den Sicherheitsschätzwert für die Trajektorie des erfassten Fahrzeugs zu bestimmen durch:
 Ableiten eines Trajektorienstabilitätszustands des erfassten Fahrzeugs basierend auf den Fahrzeugsensordaten von dem autonomen Fahrzeug;
 Bestimmen des Sicherheitsschätzwertes für die Trajektorie des erfassten Fahrzeugs aus dem Trajektorienstabilitätszustand; und
 Wählen des Abstandspuffers für das autonome Fahrzeug relativ zu dem erfassten Fahrzeug.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

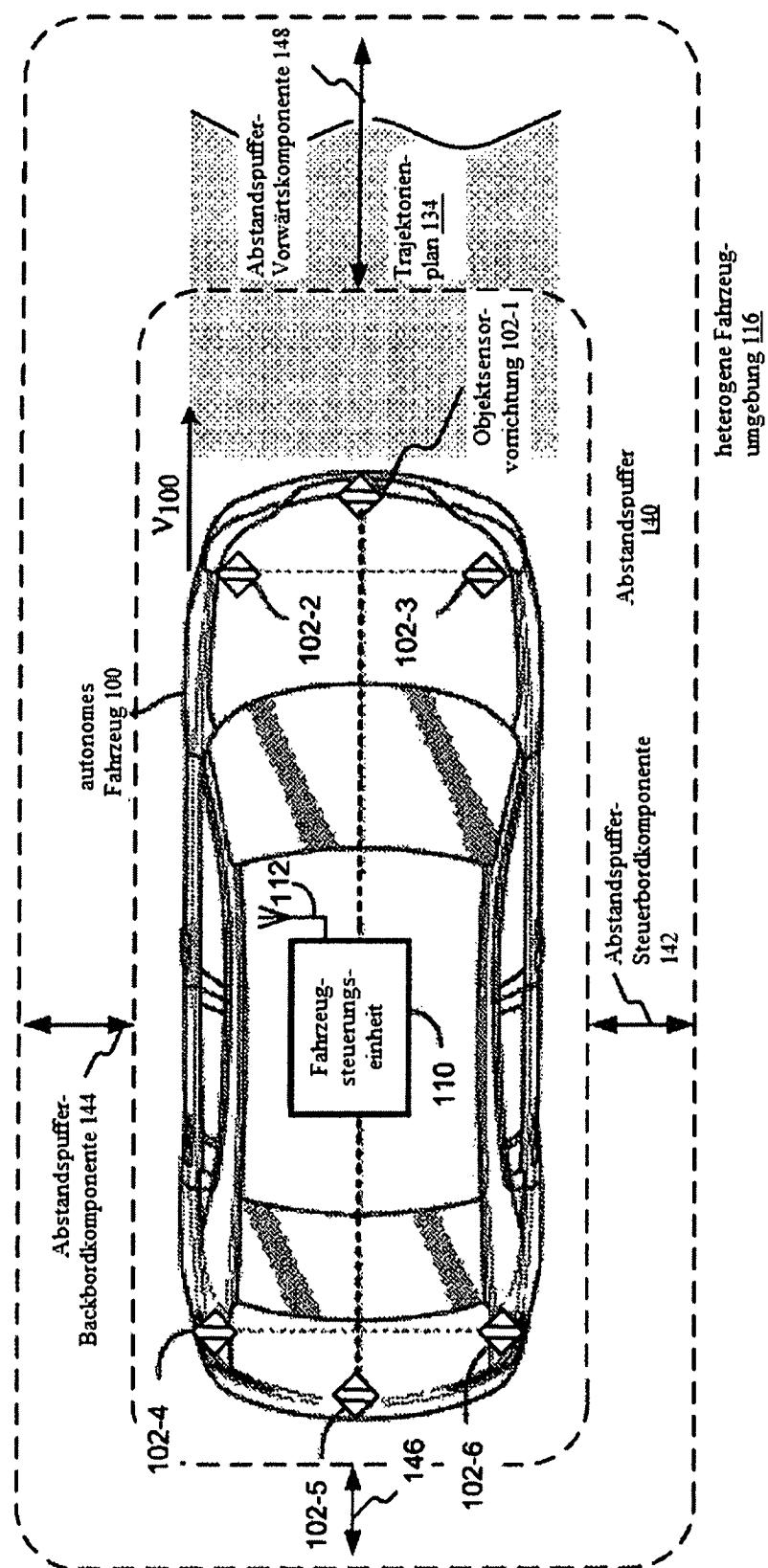


Fig. 2

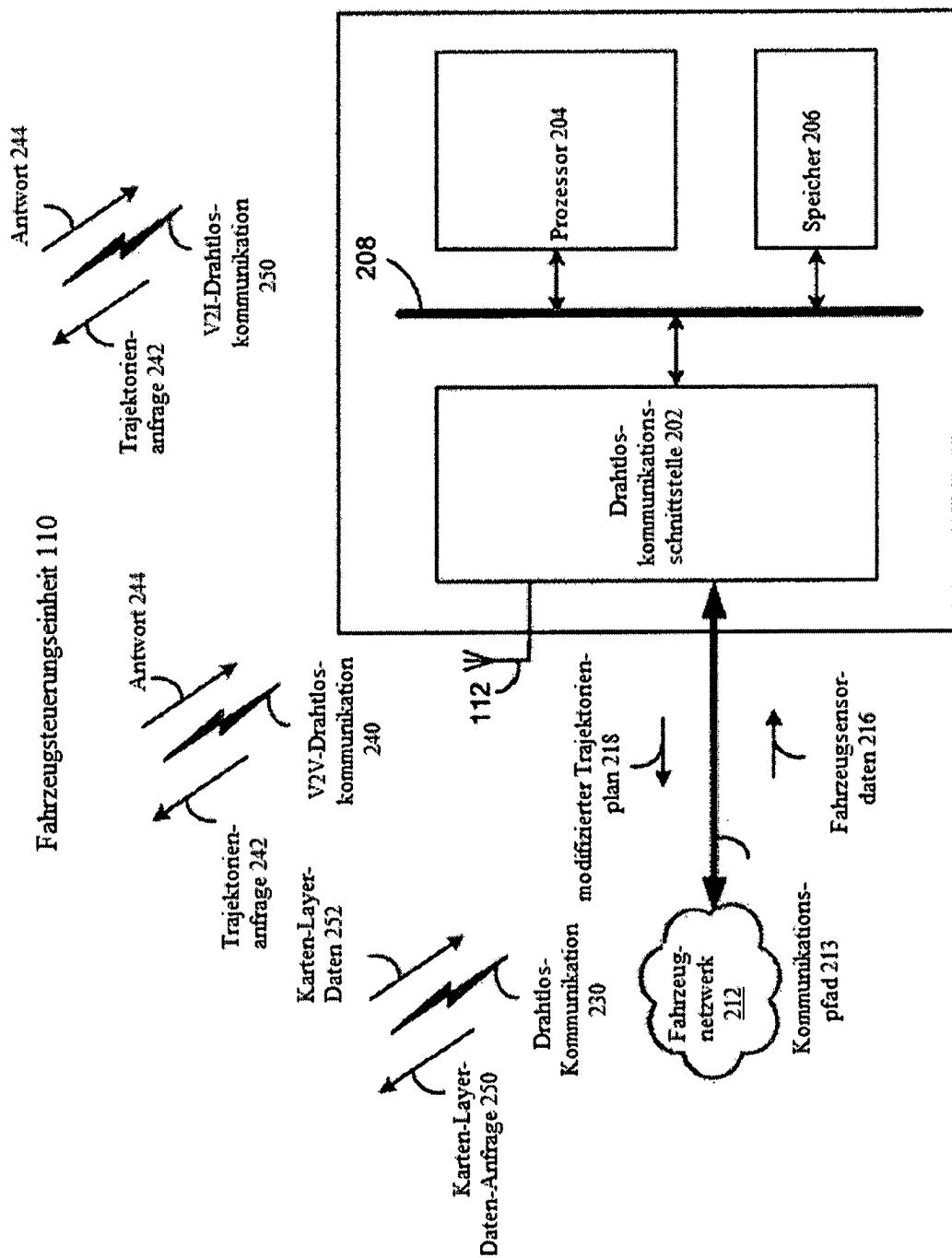


Fig. 3

Fahrzeugsteuerungseinheit 110

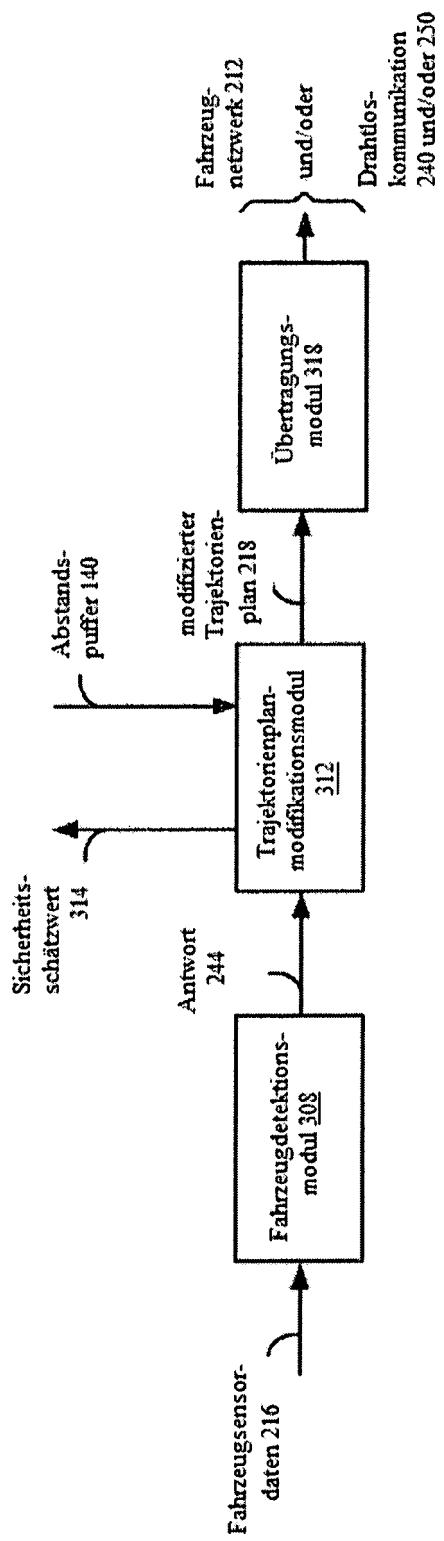


Fig. 4

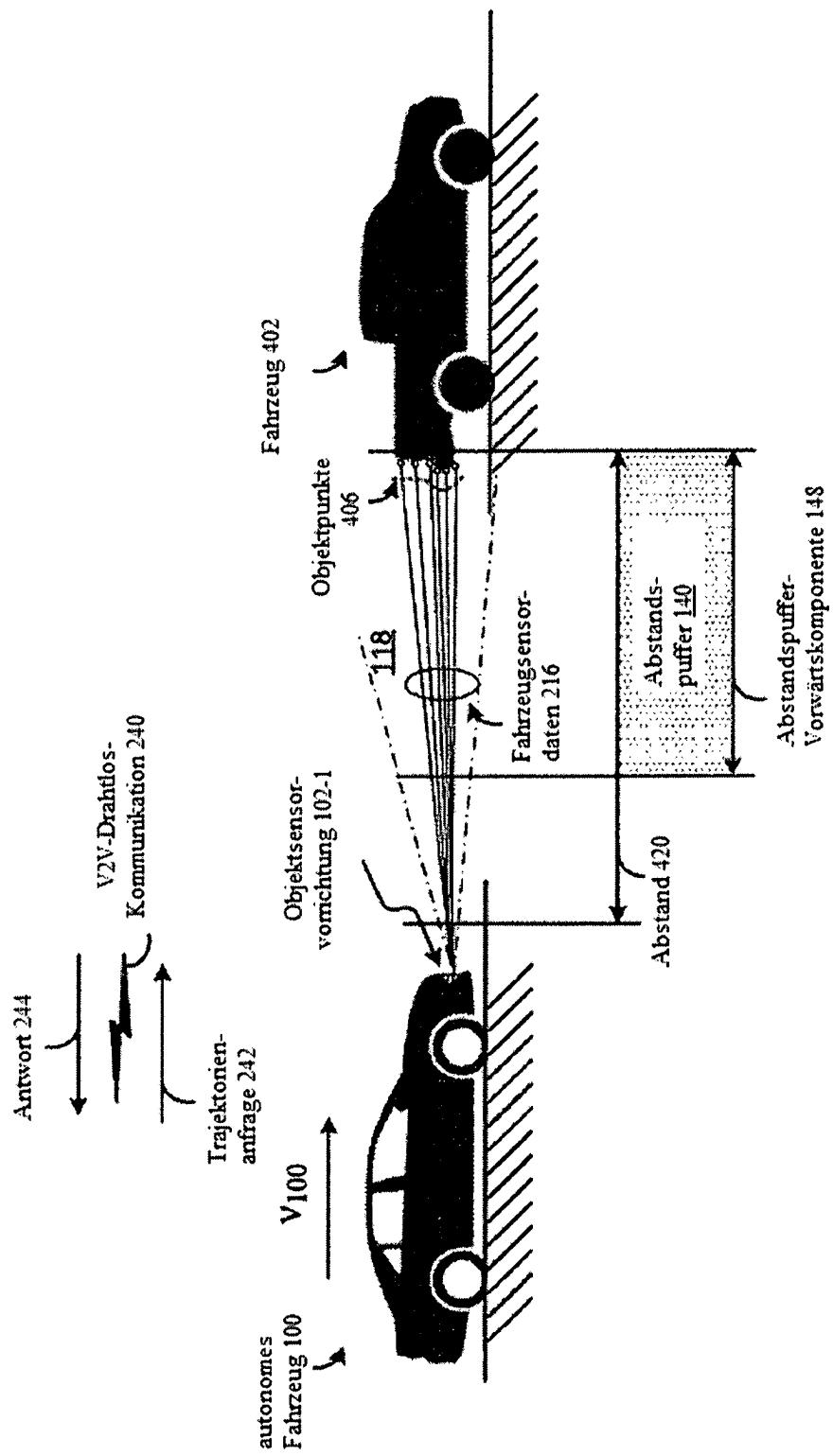


Fig. 5

