(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2019 205 223 A1** 2019.10.31

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 205 223.1**
(22) Anmeldetag: **11.04.2019**
(43) Offenlegungstag: **31.10.2019**

(51) Int Cl.: ***B60W 30/14*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
15/965399 27.04.2018 US

(71) Anmelder:
Honda Motor Co., Ltd., Tokyo, JP

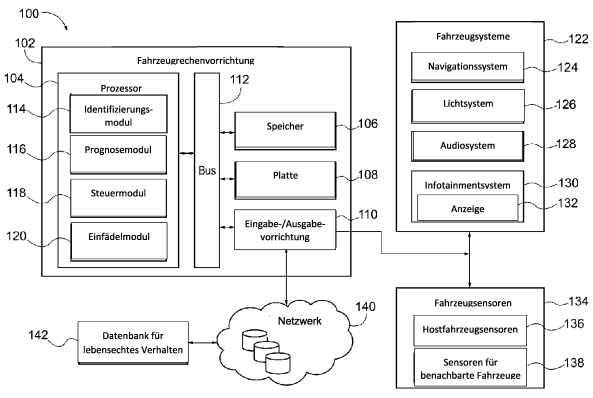
(74) Vertreter:
Weickmann & Weickmann Patent- und Rechtsanwälte PartmbB, 81679 München, DE

(72) Erfinder:
D'Sa, Jovin, Raymond, Ohio, US; Rajab, Samer, Raymond, OH, US; Saigusa, Shigenobu, Raymond, Ohio, US; Bai, Xue, Raymond, OH, US; Van Auken, R. Michael, Raymond, OH, US; Chapman, Alex J., Raymond, OH, US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Einfädelverhaltenssysteme und Verfahren zum Einfädeln von Fahrzeugen**

(57) Zusammenfassung: Ein Einfädelverhaltenssystem unterstützt ein Hostfahrzeug, das sich auf einer Beschleunigungsspur befindet, die angrenzend an eine Hauptspur ist. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ein Identifizierungsmodul, das mindestens ein benachbartes Fahrzeug, falls vorhanden, auf der Hauptspur identifiziert. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet zudem ein Prognosemodul, das ein oder mehrere Modelle auf Grundlage des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs auswählt, einen oder mehrere Einfädelfaktoren entsprechend dem einen oder den mehreren Modellen berechnet und eine Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren prognostiziert. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ferner ein Steuermodul, das einen kinematischen Parameter des Hostfahrzeugs einstellt, um das Hostfahrzeug in eine Einfädelentfernung zur prognostizierten Einfädelstelle zu bringen. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ein Einfädelmodul, das bestimmt, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle für das Hostfahrzeug ausreichend groß ist.



Beschreibung

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Diese Anmeldung ist verwandt mit der nicht-provisorischen US-Patentanmeldung mit dem Titel „MERGE BEHAVIOR SYSTEMS AND METHODS FOR MAINLINE VEHICLES“, Anmeldenummer noch unbekannt (Anwaltsaktenzeichen HRA-43590.02), eingereicht am 27. April 2018; die Gesamtheit der vorgenannten Anmeldung wird mittels Verweises hierin aufgenommen.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Das Einfädeln ist eines der nervenaufreibendsten Fahrszenarien für Fahrer und wird als ein Hauptnadelöhr beim Fahren auf der Autobahn betrachtet. Das Einfädeln erfolgt, wenn sich ein Fahrzeug auf einer Fahrspur seitlich auf eine angrenzende Fahrbahn bewegt. Der Fahrer des einfädelnden Fahrzeugs muss auf Grundlage der relativen Position und Geschwindigkeit der Fahrzeuge, die sich bereits auf der angrenzenden Fahrspur befinden, entscheiden, ob das Einfädeln möglich ist. Beispielsweise muss ein Fahrer bestimmen, ob eine Lücke im Verkehr verfügbar ist.

[0003] Dies ist noch schwieriger bei Stauszenarios, wenn eine Lücke im Verkehr nicht ohne Weiteres verfügbar ist. Bei solchen Stauszenarios muss sich der Fahrer möglicherweise darauf verlassen, dass Fahrer der Fahrzeuge auf der Hauptspur, die sich bereits auf der angrenzenden Fahrspur befinden, eine Lücke schaffen und dadurch ein Einfädeln aus Gefälligkeit einleiten. Dementsprechend muss der Fahrer des einfädelnden Fahrzeugs die Position und Geschwindigkeit der Fahrzeuge, die sich bereits auf der angrenzenden Fahrspur befinden, abschätzen und ist möglicherweise dennoch nicht in der Lage zu bestimmen, ob ein Einfädeln möglich ist. Gleichermaßen kann ein Fahrer eines Fahrzeugs auf der Hauptspur nur vermuten, ob das einfädelnde Fahrzeug versuchen wird, sich vor oder hinter dem Fahrzeug auf der Hauptspur einzufädeln. Somit ist das Einfädeln für die Fahrer sowohl des einfädelnden Fahrzeugs als auch des Fahrzeugs auf der Hauptspur nervenaufreibend.

KURZDARSTELLUNG

[0004] Gemäß einem oder mehreren Aspekten unterstützt ein Einfädelverhaltenssystem ein Hostfahrzeug, das sich auf einer Beschleunigungsspur befindet, die angrenzend an eine Hauptspur ist. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ein Identifizierungsmodul, das mindestens ein benachbartes Fahrzeug auf der Hauptspur identifiziert. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet zudem ein Prognosemodul, das ein oder mehrere Modelle auf Grundlage des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs auswählt, einen oder mehrere Einfädelfaktoren entsprechend dem einen oder den mehreren Modellen berechnet und eine Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren prognostiziert. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ferner ein Einfädelmodul, das bestimmt, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle für das Hostfahrzeug ausreichend groß ist. Als Reaktion auf das Bestimmen, dass die Lücke eine ausreichende Größe aufweist, leitet das Einfädelmodul ein Einfädelmanöver ein.

[0005] Gemäß einem oder mehreren Aspekten unterstützt ein Einfädelverhaltenssystem ein Hostfahrzeug, das sich auf einer Beschleunigungsspur befindet, die angrenzend an eine Hauptspur ist. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ein Identifizierungsmodul, das mindestens ein benachbartes Fahrzeug auf der Hauptspur identifiziert. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet zudem ein Prognosemodul, das ein oder mehrere Modelle auf Grundlage einer relativen Position des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs zu dem Hostfahrzeug auswählt und eine Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der mehreren Modelle prognostiziert. Die Einfädelstelle befindet sich vor oder hinter dem mindestens einen benachbarten Fahrzeug. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet zudem ein Steuermodul, das einen kinematischen Parameter des Hostfahrzeugs einstellt, um das Hostfahrzeug in eine Einfädelentfernung zur prognostizierten Einfädelstelle zu bringen. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet zudem ein Einfädelmodul, das bestimmt, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle für das Hostfahrzeug ausreichend groß ist. Als Reaktion auf das Bestimmen, dass die Lücke eine ausreichende Größe aufweist, leitet das Einfädelmodul ein Einfädelmanöver ein.

[0006] Gemäß einem oder mehreren Aspekten wird ein Einfädelverhaltensverfahren zum Unterstützen eines Hostfahrzeugs, das sich auf einer Beschleunigungsspur befindet, die angrenzend an eine Hauptspur ist, beschrieben. Das Einfädelverhaltensverfahren beinhaltet Identifizieren mindestens eines benachbarten Fahrzeugs auf der Hauptspur.

[0007] Ein oder mehrere Modelle werden auf Grundlage des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs ausgewählt. Das Einfädelverhaltensverfahren beinhaltet ferner Berechnen eines oder mehrerer Einfädelfaktoren entsprechend dem einen oder den mehreren Modellen. Eine Einfädelstelle wird auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren prognostiziert. Ein kinematischer Parameter des Hostfahrzeugs wird eingestellt, um das Hostfahrzeug in eine Einfädelentfernung zur prognostizierten Einfädelstelle zu bringen. Das Einfädelverhaltensverfahren beinhaltet zudem Bestimmen, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle für das Hostfahrzeug ausreichend groß ist. Als Reaktion auf das Bestimmen, dass die Lücke eine ausreichende Größe aufweist, leitet das Einfädelmodul ein Einfädelmanöver ein.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein schematisches Diagramm einer Betriebsumgebung zum Umsetzen von Systemen und Verfahren zum Prognostizieren eines Einfädelverhaltens gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 2 ist ein schematisches Diagramm eines Hostfahrzeugs, das sich in eine Hauptspur einfädelt, in Bezug auf ein erstes Fahrzeug und ein zweites Fahrzeug gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 3 ist eine schematische Veranschaulichung eines Hostfahrzeugs mit beispielhaften Sensoren für benachbarte Fahrzeuge gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 4 ist ein schematisches Diagramm eines einfädelnden Fahrzeugs, das sich in eine Hauptspur einfädelt, in Bezug auf ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug und/oder ein Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 5 ist ein schematisches Diagramm eines einfädelnden Fahrzeugs, das sich in einer Einfädelentfernung zu einer prognostizierten Einfädelstelle bewegt, gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 6 veranschaulicht eine Ansicht eines Einfädelbilds und einer Einfädelbenachrichtigungsleuchte gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 7 ist ein Prozessablaufdiagramm eines Verfahrens zum Prognostizieren eines Einfädelverhaltens gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 8 ist ein Prozessablaufdiagramm eines Verfahrens zum Prognostizieren eines Einfädelverhaltens einschließlich einer Lückenbestimmung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 9 ist ein Prozessablaufdiagramm eines Verfahrens zum Trainieren eines Fahrzeugmodells gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 10 ist ein Prozessablaufdiagramm eines Verfahrens zum Prognostizieren eines Einfädelverhaltens gemäß einem Ausführungsbeispiel.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0008] Im Allgemeinen sind die hierin beschriebenen Systeme und Verfahren auf eine Fahrzeugsteuerung gerichtet, die Daten von einem Hostfahrzeug und Fahrzeugsensoren integriert, um ein Einfädelverhalten aus der Perspektive des Hostfahrzeugs zu prognostizieren. Das Hostfahrzeug kann ein einfädelndes Fahrzeug, das sich von einer Beschleunigungsspur in eine angrenzende Hauptspur einfädelt, oder ein Fahrzeug auf der Hauptspur, das das Einfädeln des einfädelnden Fahrzeugs erleichtert, sein. Die Einfädelverhaltenssysteme und -verfahren prognostizieren eine Einfädelstelle für ein einfädelndes Fahrzeug auf Grundlage von lebensechten Datensätzen, die Resultate menschlichen Verhaltens annähern, um eine reibungslose Einfädelunterstützung bereitzustellen.

DEFINITIONEN

[0009] Das Folgende beinhaltet Definitionen ausgewählter Begriffe, welche hierin verwendet werden. Die Definitionen beinhalten verschiedene Beispiele und/oder Formen von Komponenten, die in den Umfang eines Begriffs fallen und die zur Umsetzung verwendet werden können. Die Beispiele sollen nicht einschränkend sein.

[0010] Ein „Bus“ im hierin verwendeten Sinne bezieht sich auf eine untereinander verbundene Architektur, die mit anderen Computerkomponenten in einem Computer oder zwischen Computern wirkverbunden ist. Der Bus kann Daten zwischen den Computerkomponenten übertragen. Der Bus kann unter anderem ein Speicherbus, ein Speichercontroller, ein Peripheriebus, ein externer Bus, ein Koordinatenschalter und/oder ein lokaler Bus sein. Der Bus kann auch ein Fahrzeugbus sein, der Komponenten innerhalb eines Fahrzeugs unter Verwendung von Protokollen, wie etwa unter anderem Media Oriented Systems Transport (MOST), Controller

Area Network (CAN), Local Interconnect Network (LIN), untereinander verbindet. „Computerkommunikation“ im hierin verwendeten Sinne bezieht sich auf eine Kommunikation zwischen zwei oder mehreren Rechenvorrichtungen (z. B. Computer, Personal Digital Assistant, Mobiltelefon, Netzwerkgerät) und kann zum Beispiel eine Netzwerkübertragung, eine Dateiübertragung, eine Applet-Übertragung, eine E-Mail, die Übertragung eines Hypertext Transfer Protocol (HTTP) und so weiter sein. Eine Computerkommunikation kann zum Beispiel unter anderem über ein drahtloses System (z. B. IEEE 802.11), ein Ethernet-System (z. B. IEEE 802.3), ein Token-Ring-System (z. B. IEEE 802.5), ein Local Area Network (LAN), ein Wide Area Network (WAN), ein Punkt-zu-Punkt-System, ein Kreisschaltsystem, ein Paketvermittlungssystem erfolgen.

[0011] Eine „Platte“ im hierin verwendeten Sinne kann zum Beispiel ein Magnetplattenlaufwerk, eine Solid-State-Festplatte, ein Diskettenlaufwerk, ein Bandlaufwerk, ein Zip-Laufwerk, eine Flash-Speicherkarte und/oder ein Speicherstick sein. Ferner kann die Platte eine CD-ROM (Compact Disk ROM), ein CDbeschreibbares Laufwerk (CD-R-Laufwerk), ein CD-wiederbeschreibbares Laufwerk (CD-RW-Laufwerk) und/oder ein digitales Video-ROM-Laufwerk (DVD ROM) sein. Die Platte kann ein Betriebssystem speichern, das die Ressourcen einer Rechenvorrichtung steuert oder zuweist.

[0012] Eine „Datenbank“ im hierin verwendeten Sinne kann sich auf eine Tabelle, eine Reihe von Tabellen, eine Reihe von Datenspeichern und/oder Verfahren zum Zugreifen auf und/oder Bearbeiten dieser Datenspeicher beziehen. Einige Datenbanken können in einer wie oben definierten Platte integriert sein.

[0013] Ein „Speicher“ im hierin verwendeten Sinne kann flüchtigen Speicher und/oder nichtflüchtigen Speicher beinhalten. Ein nichtflüchtiger Speicher kann zum Beispiel ROM (Read Only Memory), PROM (Programmable Read Only Memory), EPROM (Erasable PROM) und EEPROM (Electrically Erasable PROM) beinhalten. Flüchtiger Speicher kann beispielsweise RAM (Random Access Memory - Direktzugriffsspeicher), synchronen RAM (SRAM), dynamischen RAM (DRAM), synchronen DRAM (SDRAM), doppelten Datenraten-SDRAM (DDR-SDRAM) und direkten RAM-Bus-RAM (DRRAM) beinhalten. Der Speicher kann ein Betriebssystem speichern, das die Ressourcen einer Rechenvorrichtung steuert oder zuweist.

[0014] Ein „Modul“ im hierin verwendeten Sinne beinhaltet unter anderem ein nichttransitorisches computerlesbares Medium, das Anweisungen, Anweisungen in Ausführung auf einer Maschine, Hardware, Firmware, Software in Ausführung auf einer Maschine und/oder Kombinationen davon zum Ausführen einer Funktion (en) oder einer Aktion(en) speichert und/oder um eine Funktion oder Aktion von einem anderen Modul, einem anderen Verfahren und/oder einem anderen System zu veranlassen. Ein Modul kann auch Logik, einen durch eine Software gesteuerten Mikroprozessor, eine diskrete Logikschaltung, eine analoge Schaltung, eine digitale Schaltung, eine programmierte Logikvorrichtung, eine Speichervorrichtung, die ausführende Anweisungen enthält, logische Gates, eine Kombination von Gates und/oder andere Schaltkreiskomponenten beinhalten. Mehrere Module können zu einem Modul kombiniert werden und einzelne Module können zwischen mehreren Modulen aufgeteilt sein.

[0015] Ein „Hindernis“ im hierin verwendeten Sinne bezieht sich auf beliebige Objekte auf der Fahrbahn und kann Fußgänger, die die Fahrbahn überqueren, andere Fahrzeuge, Tiere, Schmutz, Schlaglöcher usw. beinhalten. Ferner kann ein „Hindernis“ nahezu alle Verkehrsbedingungen, Straßenbedingungen, Wetterbedingungen usw. beinhalten. Beispiele für Hindernisse können andere Fahrzeuge (z. B. ein Hindernisfahrzeug), Gebäude, Orientierungspunkte, Behinderungen auf der Fahrbahn, Straßenteilstücke, Kreuzungen usw. beinhalten, sind aber nicht notwendigerweise darauf beschränkt. Somit können Hindernisse entlang einer Strecke, auf der ein Fahrzeug gerade fährt oder auf der es laut Prognose fahren wird, gefunden, erfasst oder mit einem Pfad, einem oder mehreren Straßenteilstücken usw. verknüpft werden.

[0016] Eine „Wirkverbindung“ oder eine Verbindung, über die Einheiten „wirkverbunden“ sind, ist eine Verbindung, bei der Signale, physische Kommunikation und/oder logische Kommunikation gesendet und/oder empfangen werden können. Eine Wirkverbindung kann eine drahtlose Schnittstelle, eine physische Schnittstelle, eine Datenschnittstelle und/oder eine elektrische Schnittstelle beinhalten.

[0017] Ein „Prozessor“ im hierin verwendeten Sinne verarbeitet Signale und führt allgemeine Rechen- und Arithmetikfunktionen durch. Vom Prozessor verarbeitete Signale können digitale Signale, Datensignale, Computeranweisungen, Prozessoranweisungen, Nachrichten, ein Bit, einen Bitstrom oder andere Mittel, die empfangen, übertragen und/oder erfasst werden können, beinhalten. Im Allgemeinen kann der Prozessor eine Vielzahl von verschiedenen Prozessoren sein, beinhaltend mehrere Einzel- und Mehrkernprozessoren und Koprozessoren und andere mehrere Einzel- und Mehrkernprozessor- und Koprozessorarchitekturen. Der Prozessor kann verschiedene Module beinhalten, um verschiedene Funktionen auszuführen.

[0018] Ein „Fahrzeug“ im hierin verwendeten Sinne bezieht sich auf jedes sich bewegende Fahrzeug, das in der Lage ist, einen oder mehrere menschliche Insassen zu befördern und durch irgendeine Form von Energie angetrieben wird. Der Begriff „Fahrzeug“ beinhaltet unter anderem Autos, Lastkraftwagen, Vans, Minivans, SUV, Motorräder, Roller, Boote, Gokarts, Vergnügungsfahrzeuge, Schienenverkehr, private Wasserfahrzeuge und Luftfahrzeuge. In einigen Fällen beinhaltet ein Kraftfahrzeug einen oder mehrere Motoren. Ferner kann sich der Begriff „Fahrzeug“ auf ein Elektrofahrzeug (electric vehicle - EV) beziehen, das in der Lage ist, einen oder mehrere menschliche Insassen zu befördern, und das vollständig oder teilweise durch einen oder mehrere Elektromotoren über eine elektrische Batterie angetrieben wird. Das EV kann batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (battery electric vehicle - BEV) und Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge (plug-in hybrid electric vehicle - PHEV) beinhalten. Der Begriff „Fahrzeug“ kann sich auch auf ein autonomes Fahrzeug und/oder selbstfahrendes Fahrzeug beziehen, das durch eine beliebige Energieform angetrieben wird. Das autonome Fahrzeug kann einen oder mehrere menschliche Insassen befördern oder nicht. Ferner kann der Begriff „Fahrzeug“ Fahrzeuge, die automatisiert oder nicht automatisiert sind, mit vorbestimmten Pfaden oder freifahrende Fahrzeuge beinhalten.

[0019] Ein „Fahrzeugsystem“ im hierin verwendeten Sinne kann unter anderem ein beliebiges automatisches oder manuelles System beinhalten, das zur Verbesserung des Fahrzeugs, des Fahrens und/oder der Sicherheit verwendet werden kann. Beispielhafte Fahrzeugsysteme beinhalten unter anderem: ein elektronisches Stabilitätskontrollsystem, ein Antiblockiersystem, ein Bremsassistenzsystem, ein automatisches Bremsnachfüllsystem, ein Low-Speed-Follow-System, ein Geschwindigkeitsregelungssystem, ein Kollisionswarnsystem, ein Kollisionsminderungsbremssystem, ein automatisches Geschwindigkeitsregelungssystem, ein Spurhaltewarnsystem, ein System zum Anzeigen des toten Winkels, ein Spurhalteassistenzsystem, ein Navigationssystem, ein Getriebesystem, Bremspedalsysteme, ein elektronisches Servolenksystem, visuelle Vorrichtungen (z. B. Kamerasysteme, Annäherungssensorsysteme), ein Klimatisierungssystem, ein elektronisches Sicherheitsgurt-Vorspannsystem, ein Überwachungssystem, ein Fahrgasterkennungssystem, ein Fahrzeugfederungssystem, ein Fahrzeugsitzkonfigurationssystem, eine Beleuchtungsanlage für den Fahrzeuginnenraum, ein Audiosystem, ein Sensoriksystem.

[0020] Ein „Fahrzeuginsasse“ im hierin verwendeten Sinne kann unter anderem ein oder mehrere biologische Wesen beinhalten, die sich in dem Fahrzeug befinden. Der Fahrzeuginsasse kann ein Fahrer oder ein Beifahrer des Fahrzeugs sein. Der Fahrzeuginsasse kann ein Mensch (z. B. ein Erwachsener, ein Kind, ein Kleinkind) oder ein Tier (z. B. ein Haustier, ein Hund, eine Katze) sein.

SYSTEMÜBERBLICK

[0021] Bezugnehmend nun auf die Zeichnungen, in denen die Darstellungen zum Zwecke der Veranschaulichung eines oder mehrerer Ausführungsbeispiele und nicht zum Zwecke der Beschränkung derselben dienen, ist **Fig. 1** ein schematisches Diagramm einer Betriebsumgebung **100** zum Prognostizieren des Einfädelverhaltens. Die Komponenten der Betriebsumgebung **100** sowie die Komponenten anderer Systeme, Hardwarearchitekturen und Softwarearchitekturen, die hierin erörtert werden, können für verschiedene Ausführungsformen kombiniert, weggelassen oder in anderen Architekturen organisiert werden. Ferner können die Komponenten der Betriebsumgebung **100** in einem Hostfahrzeug, wie etwa dem beispielhaften Hostfahrzeug **300** (gezeigt in **Fig. 3**), umgesetzt sein oder mit diesem assoziiert sein. In der veranschaulichten Ausführungsform der **Fig. 1** beinhaltet die Betriebsumgebung **100** eine Fahrzeugrechenvorrichtung (vehicle computing device - VCD) **102** mit Einrichtungen zum Verarbeiten, Kommunizieren und Interagieren mit verschiedenen Komponenten eines Fahrzeugs und anderer Komponenten der Betriebsumgebung **100**. In einer Ausführungsform kann die VCD **102** in dem beispielhaften Hostfahrzeug **300** (**Fig. 3**) umgesetzt sein, zum Beispiel unter anderem als Teil einer Telematikeinheit, einer Haupteinheit, einer Navigationseinheit, einer Infotainmenteinheit, einer elektronischen Steuereinheit. In anderen Ausführungsformen können die Komponenten und Funktionen der VCD **102** von dem beispielhaften Hostfahrzeug **300** entfernt umgesetzt sein, zum Beispiel in einer tragbaren Vorrichtung (nicht gezeigt) oder einer anderen Vorrichtung, die über ein Netzwerk (z. B. ein Netzwerk **140**) verbunden ist.

[0022] Im Allgemeinen beinhaltet die VCD **102** einen Prozessor **104**, einen Speicher **106**, eine Platte **108** und eine Eingabe-/Ausgabe (E/A)-Schnittstelle **110**, die jeweils zur Computerkommunikation über einen Bus **112** und/oder andere drahtgebundene oder drahtlose Technologien wirkverbunden sind. Die E/A-Schnittstelle **110** stellt Software und Hardware bereit, um Dateneingabe und -ausgabe zwischen den Komponenten der VCD **102** und anderen Komponenten, Netzwerken und Datenquellen zu ermöglichen, wie hierin beschrieben wird. Zusätzlich beinhaltet der Prozessor **104** ein Identifizierungsmodul **114**, ein Prognosemodul **116**, ein Steuermodul **118** und ein Einfädelmodul **120** zum Unterstützen eines Hostfahrzeugs beim Prognostizieren von Einfädelstellen, ermöglicht durch die Komponenten der Betriebsumgebung **100**.

[0023] Die VCD **102** ist zudem zur Computerkommunikation (z. B. über den Bus **112** und/oder die E/A-Schnittstelle **110**) mit einem oder mehreren Fahrzeugsystemen **122** wirkverbunden. Die Fahrzeugsysteme **122** können unter anderem ein beliebiges automatisches oder manuelles System beinhalten, das zur Verbesserung des Fahrzeugs, des Fahrens und/oder der Sicherheit verwendet werden kann. Hier beinhalten die Fahrzeugsysteme **122** gemäß einem Ausführungsbeispiel ein Navigationssystem **124**, ein Beleuchtungssystem **126**, ein Audiosystem **128** und ein Infotainmentsystem **130**. Das Navigationssystem **124** speichert, berechnet und stellt Strecken- und Zielinformationen bereit und ermöglicht Merkmale wie Wegbeschreibungen. Das Beleuchtungssystem **126** steuert die Lichter des Fahrzeugs, um zum Beispiel u. a. Innenlichter, wie etwa die Armaturenbrettbeleuchtung, und/oder Außenlichter, wie etwa die Lichter, die an den Seitenspiegeln des beispielhaften Hostfahrzeugs **300** montiert sind, anzuschalten. Das Audiosystem **128** steuert Audio (z. B. Audioinhalt, Lautstärke) in dem beispielhaften Hostfahrzeug **300**. Das Infotainmentsystem **130** stellt visuelle Informationen und/oder Unterhaltung bereit und kann eine Anzeige **132** beinhalten.

[0024] Die Fahrzeugsysteme **122** beinhalten verschiedene Fahrzeugsensoren **134** und/oder sind zur Computerkommunikation mit diesen wirkverbunden. Die Fahrzeugsensoren **134** stellen Informationen, die mit dem Fahrzeug, der Fahrzeugumgebung und/oder den Fahrzeugsystemen **122** assoziiert sind, bereit und/oder erfassen diese. Die Fahrzeugsensoren **134** können unter anderem Hostfahrzeugsensoren **136**, die mit den Fahrzeugsystemen **122** assoziiert sind, andere Fahrzeugsensoren, die mit dem beispielhaften Hostfahrzeug **300** assoziiert sind, und/oder Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge, die Daten bezüglich benachbarter Fahrzeuge sammeln, die benachbart zu dem beispielhaften Hostfahrzeug **300** sind, beinhalten.

[0025] Die Hostfahrzeugsensoren **136** können unter anderem Umgebungssensoren, Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren, Gaspedalsensoren, Bremssensoren, Drosselpositionssensoren, Radsensoren, ABS-Sensoren, Nockenwellensensoren beinhalten. In einigen Ausführungsformen sind die Hostfahrzeugsensoren **136** in den Fahrzeugsystemen **122** integriert. Zum Beispiel können ein oder mehrere Hostfahrzeugsensoren **136** in dem Navigationssystem **124** integriert sein, um Eigenschaften des Hostfahrzeugs, wie etwa Position und Geschwindigkeit, zu überwachen.

[0026] Die Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge können unter anderem Bildsensoren, wie etwa Kameras, optische Sensoren, Funksensoren usw., die an der Innen- oder Außenseite des beispielhaften Hostfahrzeugs **300** montiert sind, und Lichtsensoren, wie etwa LiDAR-Sensoren (Light Detection and Ranging), Radar-, Lasersensoren usw., die an der Außenseite des beispielhaften Hostfahrzeugs **300** montiert sind, beinhalten.

[0027] Ferner können die Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge Sensoren außerhalb des beispielhaften Hostfahrzeugs **300** (zum Beispiel zugänglich über das Netzwerk **140**) beinhalten, zum Beispiel unter anderem externe Kameras, Radar- und Lasersensoren an anderen Fahrzeugen in einem Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Netzwerk, Straßenkameras, Überwachungskameras. Die Sensoren für benachbarte Fahrzeuge überwachen die Umgebung des beispielhaften Hostfahrzeugs **300**, um die Anwesenheit eines benachbarten Fahrzeugs zu erkennen. Zusätzlich können die Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge Eigenschaften des einen oder der mehreren benachbarten Fahrzeuge erkennen, wie etwa Position und Geschwindigkeit der benachbarten Fahrzeuge, sowie relative Eigenschaften des Hostfahrzeugs und des benachbarten Fahrzeugs, wie etwa relative Entfernung und Geschwindigkeit zwischen dem Hostfahrzeug und dem einen oder den mehreren benachbarten Fahrzeugen. Dementsprechend sind die Fahrzeugsensoren **134** dazu betreibbar, eine Messung von Daten, die mit dem Fahrzeug, der Fahrzeugumgebung, den Fahrzeugsystemen **122**, dem beispielhaften Hostfahrzeug **300** und/oder den benachbarten Fahrzeugen assoziiert sind, zu erfassen und ein Datensignal zu generieren, das die Messungen der Daten angibt. Diese Datensignale können in andere Datenformate (z. B. numerisch) umgewandelt werden und/oder durch die Fahrzeugsysteme **122** und/oder die VCD **102** verwendet werden, um andere Datenmessgrößen und Parameter zu generieren. Es versteht sich, dass die Sensoren alle Arten von Sensoren sein können, zum Beispiel unter anderem akustische, elektrische, umwelttechnische, optische, bildgebende, lichttechnische, drucktechnische, krafttechnische, wärmetechnische, temperaturtechnische, näherungstechnische.

[0028] Die VCD **102** ist ebenfalls zur Computerkommunikation mit dem Netzwerk **140** und einer Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten wirkverbunden. Es versteht sich, dass die Verbindung von der E/A-Schnittstelle **110** zum Netzwerk **140** und der Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten auf verschiedene Art und Weise ermöglicht werden kann. Zum Beispiel unter anderem durch eine Netzwerkverbindung (z. B. drahtgebunden oder drahtlos), ein zellulares Datennetzwerk von einer tragbaren Vorrichtung (nicht gezeigt), ein kurzfristig gebildetes Fahrzeug-zu-Fahrzeug- Netzwerk (nicht gezeigt), ein fahrzeuginternes Netzwerk (nicht gezeigt) oder beliebige Kombinationen davon. In einigen Ausführungsformen könnte sich die Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten an Bord des Fahrzeugs befinden, zum Beispiel im Speicher **106** und/oder auf der Platte **108**.

In anderen Ausführungsformen kann die Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten auf eine oder mehrere Stellen verteilt sein.

[0029] Das Netzwerk **140** ist beispielsweise ein Datennetzwerk, das Internet, ein Weitbereichsnetzwerk oder ein lokales Netzwerk. Das Netzwerk **140** dient als ein Kommunikationsmedium für verschiedene entfernte Vorrichtungen (z. B. Datenbanken, Web-Server, Remote-Server, Anwendungsserver, Zwischenserver, Client Machines, andere tragbare Vorrichtungen). In einigen Ausführungsformen kann die Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten in dem Netzwerk **140** beinhaltet sein, auf das die VCD **102** durch das Netzwerk **140** zugreift, und/oder kann das Netzwerk **140** auf die Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten zugreifen. Somit kann die VCD **102** in einigen Ausführungsformen Daten von der Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten über das Netzwerk **140** erlangen.

ANWENDUNG VON SYSTEMEN UND VERFAHREN

[0030] Die Anwendung der Systeme und Verfahren wird in Bezug auf ein Hostfahrzeug beschrieben. Ein Hostfahrzeug ist ein Fahrzeug, das die oben beschriebene Betriebsumgebung **100** aufweist. Das Hostfahrzeug kann ein Fahrzeug auf der Beschleunigungsspur **202** oder der Hauptspur **204** sein. Beispiele werden beschrieben, in denen entweder ein einfädelndes Fahrzeug **208** oder ein Fahrzeug **210** auf der Hauptspur ein Hostfahrzeug ist oder in denen sowohl das einfädelnde Fahrzeug **208** als auch das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur Hostfahrzeuge sind. Die Beispiele sind beispielhafter Natur und sollen nicht einschränkend sein. Zum Beispiel impliziert eine Ausführungsform, in der das einfädelnde Fahrzeug **208** ein Hostfahrzeug ist, nicht, dass das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur kein Hostfahrzeug ist. Das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur kann ein Hostfahrzeug sein oder nicht. Somit ist ein Hostfahrzeug das einfädelnde Fahrzeug **208** und/oder ein Fahrzeug **210** auf der Hauptspur. Dementsprechend können die offenbarten Merkmale und Funktionen des Hostfahrzeugs oder Alternativen oder Varianten davon durch entweder ein einfädelndes Fahrzeug oder ein Fahrzeug auf der Hauptspur umgesetzt sein.

[0031] **Fig. 1** ist ein schematisches Diagramm einer Betriebsumgebung **100** zum Umsetzen von Systemen und Verfahren zum Prognostizieren eines Einfädelverhaltens von einfädelnden Fahrzeugen auf einer Fahrbahn. In dem in **Fig. 2** gezeigten Fahrbahnbeispiel **200** weist die Fahrbahn eine Beschleunigungsspur **202**, eine Hauptspur **204** und eine angrenzende Hauptspur **206** auf. Das einfädelnde Fahrzeug **208** und/oder das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur können ein Hostfahrzeug sein, das die Betriebsumgebung **100** einsetzt, um das Hostfahrzeug beim Prognostizieren des Verhaltens mindestens eines benachbarten Fahrzeugs, das in der Nähe des Hostfahrzeugs fährt, zu unterstützen. In einer ersten Ausführungsform kann das Hostfahrzeug zum Beispiel das einfädelnde Fahrzeug **208** sein, das gerade versucht, von der Beschleunigungsspur **202** in die Hauptspur **204** einzufädeln. In einer zweiten Ausführungsform kann das Hostfahrzeug das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur sein, das bereits auf der Hauptspur **204** fährt, in die sich das einfädelnde Fahrzeug **208** einzufädeln versucht. Alternativ können sowohl das einfädelnde Fahrzeug **208** als auch das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur Hostfahrzeuge sein, die die Betriebsumgebung **100** aufweisen.

[0032] Wie vorstehend beschrieben, beinhaltet die Betriebsumgebung **100** den Prozessor **104** mit dem Identifizierungsmodul **114**. Das Identifizierungsmodul **114** identifiziert mindestens ein benachbartes Fahrzeug auf einer Fahrspur, auf der sich Verkehr in der gleichen Richtung wie das Hostfahrzeug bewegt. Zurückkehrend zur ersten Ausführungsform, in der das einfädelnde Fahrzeug **208** das Hostfahrzeug ist, identifiziert das Identifizierungsmodul **114** das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur als ein benachbartes Fahrzeug. Das Identifizierungsmodul **114** kann zusätzlich ein erstes benachbartes Fahrzeug **212** und/oder ein zweites benachbartes Fahrzeug **214**, die ebenfalls auf der Hauptspur **204** fahren, als benachbarte Fahrzeuge identifizieren. In Ausführungsformen, in denen mehr als eine Fahrspur vorhanden ist, auf der Verkehr in der gleichen Richtung wie das Hostfahrzeug fährt, kann das Identifizierungsmodul **114** benachbarte Fahrzeuge von mehr als einer Fahrspur identifizieren. Zum Beispiel kann das Identifizierungsmodul **114** zusätzlich ein drittes benachbartes Fahrzeug **216** und/oder ein viertes benachbartes Fahrzeug **218**, die auf der angrenzenden Hauptspur **206** fahren, als benachbarte Fahrzeuge identifizieren.

[0033] In der zweiten Ausführungsform, in der das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur das Hostfahrzeug ist, identifiziert das Identifizierungsmodul **114** das einfädelnde Fahrzeug **208** als ein benachbartes Fahrzeug. Das Identifizierungsmodul **114** kann zudem das erste benachbarte Fahrzeug **212** und das zweite benachbarte Fahrzeug **214**, die ebenfalls auf der Hauptspur **204** fahren, sowie das dritte benachbarte Fahrzeug **216** und das vierte benachbarte Fahrzeug **218** der angrenzenden Hauptspur **206** als benachbarte Fahrzeuge identifizieren.

[0034] Das Identifizierungsmodul **114** kann mindestens ein benachbartes Fahrzeug unter Verwendung von Daten identifizieren, die von den Fahrzeugsystemen **122** und/oder den Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge der Fahrzeugsensoren **134** empfangen werden. Die Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge können einen oder mehrere optische Sensoren (z. B. RADAR (radio detection and ranging), LiDAR usw.) und/oder Bildsensoren (z. B. Kamera, Magnetresonanzbildgeber, Röntgengerät usw.) beinhalten. Ein beispielhaftes Hostfahrzeug **300** mit optischen Sensoren und Bildsensoren ist in **Fig. 3** gezeigt. Das beispielhafte Hostfahrzeug **300** weist eine Anzahl von Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge auf, wie etwa RADAR-Vorrichtungen, einschließlich eines ersten Frontbereich-RADAR **302** und eines zweiten Frontbereich-RADAR **304**. Das beispielhafte Hostfahrzeug **300** kann zudem ein Mittelbereich-RADAR, wie etwa ein Mittelbereich-RADAR **306**, und mindestens ein Heckbereich-RADAR, wie etwa ein Heckbereich-RADAR **308**, aufweisen. Auch wenn das erste Frontbereich-RADAR **302**, das zweite Frontbereich-RADAR **304**, das Mittelbereich-RADAR **306** und das Heckbereich-RADAR **308** als RADAR-Vorrichtungen beschrieben werden, kann eine beliebige andere Art von Sensoren zum Identifizieren mindestens eines benachbarten Fahrzeugs verwendet werden, wie etwa LiDAR. Es versteht sich, dass die Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge an einer beliebigen Stelle der Innen- oder Außenseite des beispielhaften Hostfahrzeugs **300** angeordnet sein können. Zum Beispiel können die Sensoren in den Türen, den Stoßstangen, dem Radkasten, dem Rückspiegel, dem Seitenspiegel, dem Armaturenbrett, dem Heckfenster usw. angeordnet sein.

[0035] Das beispielhafte Hostfahrzeug **300** kann zudem mindestens einen Bildsensor, wie etwa eine Kamera **310**, beinhalten. Die Kamera **310** kann an der Innen- oder Außenseite des beispielhaften Hostfahrzeugs **300** montiert sein. Die Kamera **310** kann sichtbares und infrarotes Licht von den benachbarten Fahrzeugen erkennen. Die Kamera **310** kann zudem ein Lichtmuster in Bildern, die durch das Identifizierungsmodul **114** oder ein Fahrzeugsystem **122** verarbeitet werden, erkennen. Das Lichtmuster kann angeben, dass mindestens ein benachbartes Fahrzeug einen Blinker beleuchtet hat, oder das Ende der Fahrspur, da die Markierungen auf dem Fahrbahnbelag enden. Das erste Frontbereich-RADAR **302**, das zweite Frontbereich-RADAR **304**, das Mittelbereich-RADAR **306**, das Heckbereich-RADAR **308** und die Kamera **310** sind beispielhafter Natur und es können mehr oder weniger Sensoren verwendet werden. Außerdem können das erste Frontbereich-RADAR **302**, das zweite Frontbereich-RADAR **304**, das Mittelbereich-RADAR **306**, das Heckbereich-RADAR **308** und die Kamera **310** andere als die beschriebenen Sensoren sein.

[0036] Zurückkehrend zu **Fig. 1** kann das Identifizierungsmodul **114** in einigen Ausführungsformen benachbarte Fahrzeuge in Echtzeit identifizieren und/oder Daten bezüglich zuvor identifizierter, benachbarter Fahrzeuge speichern, aggregieren und nachverfolgen. In einer weiteren Ausführungsform kann das Identifizierungsmodul **114** Informationen über benachbarte Fahrzeuge von entfernten Sensoren (auf die zum Beispiel über das Netzwerk **140** zugegriffen wird) empfangen, zum Beispiel externe Kameras, Radar- und Lasersensoren an anderen Fahrzeugen, wie etwa den benachbarten Fahrzeugen, in einem Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Netzwerk, Straßenkameras, Überwachungskameras, Sensoren im Fahrbahnbelag und andere. Das Identifizierungsmodul **114** kann zusätzlich ein oder mehrere Einfädelkennzeichen identifizieren, die angeben, dass ein benachbartes Fahrzeug vielleicht gleich versucht einzufädeln. Die Einfädelkennzeichen können Blinkerbeleuchtung an einem benachbarten Fahrzeug, Annäherung des benachbarten Fahrzeugs an das Hostfahrzeug oder die Straßenmarkierungen, ein Ende der Beschleunigungsspur **202**, ein Hindernis auf der Beschleunigungsspur **202**, Stau usw. beinhalten. Zum Beispiel kann das Hostfahrzeug erkennen, dass ein Blinker an einem benachbarten Fahrzeug beleuchtet wird. Zurückkehrend zur zweiten Ausführungsform, in der das Fahrzeug **210** auf der Hauptspur das Hostfahrzeug ist, kann das Identifizierungsmodul **114** in einem weiteren Beispiel das einfädelnde Fahrzeug **208** auf Grundlage von einem oder mehreren Einfädelkennzeichen als das identifizieren, das in die Hauptspur **204** einzufädeln versucht.

[0037] In einer Ausführungsform kann das Identifizierungsmodul **114** ein identifiziertes benachbartes Fahrzeug, das einzufädeln versucht, auf Grundlage von einem oder mehreren der Einfädelkennzeichen markieren. Es sei angenommen, dass das Identifizierungsmodul **114** eine Anzahl von benachbarten Fahrzeugen identifiziert. Das Identifizierungsmodul **114** kann mindestens eines der benachbarten Fahrzeuge auf Grundlage einer Schwellenanzahl von Einfädelkennzeichen, die identifiziert werden, als gleich einfädelnd markieren.

[0038] In einer weiteren Ausführungsform können die Einfädelkennzeichen abgestuft sein. Zum Beispiel kann die Blinkerbeleuchtung ein erstrangiges Einfädelkennzeichen an einem benachbarten Fahrzeug sein, während die Annäherung des benachbarten Fahrzeugs an das Hostfahrzeug oder die Straßenmarkierungen, das Ende der Beschleunigungsspur **202** und ein Hindernis (nicht gezeigt) auf der Beschleunigungsspur **202** zweitrangige Einfädelkennzeichen sein können. Das Identifizierungsmodul **114** kann ein benachbartes Fahrzeug als gleich einfädelnd markieren, wenn ein einzelnes erstrangiges Einfädelkennzeichen identifiziert wird, aber ein benachbartes Fahrzeug nur dann markieren, wenn zwei oder mehr zweitrangige Einfädelkennzeichen identi-

fiziert werden. Auch wenn zwei Abstufungen beschrieben sind, können mehr oder weniger Abstufungen eingesetzt werden.

[0039] Das Prognosemodul **116** des Prozessors **104** wählt ein oder mehrere Fahrzeugmodelle auf Grundlage des identifizierten, mindestens einen benachbarten Fahrzeugs aus. Das eine oder die mehreren Fahrzeugmodelle können auf Grundlage der relativen Position des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs zu dem Hostfahrzeug ausgewählt werden. Zum Beispiel kann das Prognosemodul **116** ein Fahrzeugmodell für jedes identifizierte benachbarte Fahrzeug auswählen. In einer weiteren Ausführungsform kann das Prognosemodul **116** ein einzelnes Fahrzeugmodell für ein einzelnes benachbartes Fahrzeug auswählen, auch wenn eine Vielzahl von benachbarten Fahrzeugen identifiziert wird. Das einzelne benachbarte Fahrzeug kann einem Fahrzeugmodell zugeordnet werden, da das einzelne benachbarte Fahrzeug als gleich einfädelnd markiert wurde, oder auf Grundlage der Annäherung des einzelnen benachbarten Fahrzeugs an das Hostfahrzeug relativ zu den anderen benachbarten Fahrzeugen. Zum Beispiel kann das einzelne benachbarte Fahrzeug näher an dem Hostfahrzeug sein als die anderen benachbarten Fahrzeuge.

[0040] Das Prognosemodul **116** verwendet dann das ausgewählte eine oder die ausgewählten mehreren Fahrzeugmodelle, um einen oder mehrere Einfädelfaktoren entsprechend dem ausgewählten einen oder den ausgewählten mehreren Fahrzeugmodellen zu berechnen. Das Prognosemodul **116** prognostiziert eine Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren.

[0041] Das eine oder die mehreren Fahrzeugmodelle können auf der nachfolgenden Prognosemodellgleichung beruhen:

$$P\left(voraus\ einfädeln\right) = P\left(y = 1\right) = \pi\left(\beta_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i x_i\right)$$

wobei $\pi\left(q\right) \triangleq \frac{e^q}{1+e^q}$, x_i = möglicher Faktor$_i$, β_i = Modellkoeffizienten

[0042] Die möglichen Faktoren und Modellkoeffizienten sind Modellparameter, die auf Grundlage des einen oder der mehreren Fahrzeugmodelle ausgewählt werden. In einem Szenario, in dem das benachbarte Fahrzeug dem Hostfahrzeug vorausfährt, wählt das Prognosemodul **116** zum Beispiel ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug aus. In einem Szenario, in dem das benachbarte Fahrzeug dem Hostfahrzeug nachfolgt, wählt das Prognosemodul **116** ein Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug aus. Auf Grundlage des ausgewählten Fahrzeugmodells können unterschiedliche Modellparameter verwendet werden. Die möglichen Faktoren sind Eigenschaften des Hostfahrzeugs und des benachbarten Fahrzeugs, wie etwa relative Entfernung zueinander oder ihre relative Geschwindigkeit. Die Modellkoeffizienten werden aus lebensechten Daten geschätzt. Die lebensechten Daten können von der Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten über das Netzwerk **140** empfangen werden.

[0043] Die lebensechten Daten können Daten von dem Hostfahrzeug, wie etwa das überwachte Verhalten des Fahrers des Hostfahrzeugs, das überwachte Verhalten von Fahrzeugen auf einer bestimmten Fahrbahn, beinhalten oder können überwachtes Verhalten einer Anzahl von Fahrzeugen auf einer oder mehreren Fahrbahnen als globale Daten zusammenfassen. Zum Beispiel können die Auffahrten wichtiger Autobahnen überwacht werden, um lebensechtes Verhalten zu bestimmen. Das überwachte Verhalten kann durch die Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten über das Netzwerk **140** von Fahrbahnsensoren empfangen werden, wie etwa unter anderem Verkehrskameras, aufgenommene Videos von Fahrbahnen, Sensoren im Fahrbahnbelag, Fahrzeugsensoren von anderen Fahrzeugen auf der Fahrbahn.

[0044] In einigen Ausführungsformen kann das lebensechte Verhalten durch unterschiedliche Merkmale der Fahrbahn, wie etwa unter anderem die Anzahl der Fahrspuren in der gleichen Richtung (z. B. 2 Fahrspuren, 4 Fahrspuren, 5 Fahrspuren, 6 Fahrspuren), Länge der Beschleunigungsspur **202** (z. B. kurze Auffahrt, lange Auffahrt), Unmittelbarkeit des Einfädelns (z. B. drängendes Einfädeln oder entspanntes Einfädeln), Entfernung vom einfädelnden Fahrzeug zum Ende der Beschleunigungsspur, Ausmaß eines Staus, eingeordnet werden. Die lebensechten Daten können in der Form von Datensätzen der Federal Highway Administration Next Generation Simulation (NGSIM) vorliegen. Das ausgewählte Fahrzeugmodell verwendet die Modellkoeffizienten, um lebensechte Daten zu integrieren, um ein beobachtbares Einfädelmuster mathematisch darzustellen.

[0045] Beispiele für mögliche Faktoren x_i werden zum Zeitpunkt t_{Beginn} definiert, und β_i sind Modellkoeffizienten mit unbekannten Werten, die zu schätzen sind, und p ist die Anzahl der Merkmale in dem Modell. Konkrete Werte (b_i) für die Modellkoeffizienten können unter Verwendung eines Analyseverfahrens der logistischen Regression der maximalen Wahrscheinlichkeit (Maximum Likelihood) geschätzt werden. Dieses Maximum-Likelihood-Verfahren minimiert die definierte Abweichung als:

$$D = -2\sum_{k=1}^{n}\left(y_k \ln \hat{y}_k + (1-y_k)\ln(1-\hat{y}_k)\right)$$

wobei $\hat{P}_{zuvor} = \hat{y} = \pi\left(b_0 + \sum_{i=1}^{p} b_i x_i\right)$ und wobei n die Anzahl der beobachteten Einfädelereignisse ist, die in der Analyse verwendet wird.

[0046] Beispiele für mögliche Faktoren x_i und Modellkoeffizienten b_i für das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug beruhen auf der relativen Bewegung des Hostfahrzeugs und des benachbarten Fahrzeugs sowie den empfangenen lebensechten Daten und können wie folgt lauten:

Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug			
b_0	2,7		
b_1	-0,0558	x_1	Δd_{th}
b_2	0,000126	x_2	$(\Delta d_{th})^2$
b_3	0,133	x_3	v
b_4	-0,104	x_4	Δv_p
b_5	-4,26	x_5	F
b_6	-0,127	x_6	v_{avg}

[0047] Somit beinhalten die möglichen Faktoren die relative Vorausentfernung Δd_{th}, gemessen in Fuß zwischen dem Heck des vorausfahrenden Fahrzeugs zu der Front des Hostfahrzeugs, sowie die Hostfahrzeuggeschwindigkeit v und die relative Vorausgeschwindigkeit Δv_p, die Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs relativ zu dem Hostfahrzeug. Alle Geschwindigkeiten können in Fuß/Sek. gemessen werden. Die möglichen Faktoren beinhalten zudem eine Variable F eines nachfolgenden Fahrzeugs, die ein Binärwert ist, der die Anwesenheit eines nachfolgenden Fahrzeugs angibt, zum Beispiel als entweder (1) ein nachfolgendes Fahrzeug existiert oder (0) ein nachfolgendes Fahrzeug existiert nicht. Die möglichen Faktoren beinhalten zudem eine durchschnittliche Hauptspurgeschwindigkeit v_{avg}, die Durchschnittsgeschwindigkeit der Fahrzeuge, die auf der Hauptspur fahren. Die möglichen Faktoren können auch in anderen Einheiten oder Einheitssystemen gemessen werden, wie etwa Meilen pro Stunde oder Messgröße, mit entsprechenden Änderungen an den Modellkoeffizienten b_i.

[0048] Die möglichen Faktoren können zusätzlich Variablen beinhalten, die berücksichtigen, wie sich größere Fahrzeuge anders verhalten. Eine Variable T eines vorausfahrenden Transportfahrzeugs kann ein Binärwert sein, der die Anwesenheit eines vorausfahrenden Transportfahrzeugs angibt, zum Beispiel als entweder (1) das dem Hostfahrzeug vorausfahrende Fahrzeug ist ein vorausfahrendes Transportfahrzeug oder (0) das dem Hostfahrzeug vorausfahrende Fahrzeug ist kein vorausfahrendes Transportfahrzeug. Gleichermaßen berücksichtigt eine Störfahrzeugvariable I mögliche Unterschiede im Einfädelverhalten aufgrund der Anwesenheit eines Fahrzeugs vor dem Hostfahrzeug. Zum Beispiel kann die Störfahrzeugvariable I entweder (1) das dem Hostfahrzeug vorausfahrende Fahrzeug wird das Hostfahrzeug wahrscheinlich stören oder (0) das dem Hostfahrzeug vorausfahrende Fahrzeug wird das Hostfahrzeug wahrscheinlich nicht stören, sein. Auf diese Weise sind die Variable T eines vorausfahrenden Transportfahrzeugs und die Störfahrzeugvariable I, wie auch die Variable F eines nachfolgenden Fahrzeugs, kategorische Variablen.

[0049] Die möglichen Faktoren können durch das Prognosemodul **116** auf Grundlage von Daten, die von den Hostfahrzeugsensoren **136** und den Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge empfangen werden, bestimmt werden. Zum Beispiel können die Hostfahrzeugsensoren **136** die Geschwindigkeit des Hostfahrzeugs erkennen. Gleichermaßen können die Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge Daten von dem benachbarten Fahrzeug und von dem benachbarten Fahrzeug relativ zu dem Hostfahrzeug erkennen, wie etwa eine relative Folgegeschwindigkeit Δv_f, die Geschwindigkeit des nachfolgenden Fahrzeugs relativ zu dem Hostfahrzeug. In einer Ausführungsform erkennen das Heckbereich-RADAR **308** und/oder die Kamera **310** der Sensoren **138**

für benachbarte Sensoren ein nachfolgendes Fahrzeug. Dementsprechend verwendet das Prognosemodul **116** die Daten von dem Heckbereich-RADAR **308** und/oder der Kamera **310**, um den Binärwert der Variablen F eines nachfolgenden Fahrzeugs zu bestimmen.

[0050] In einigen Ausführungsformen kann ein Einfädelfaktor als eine Wahrscheinlichkeit (z. B. ein Wert zwischen 0 und 1) berechnet werden, der die Wahrscheinlichkeit angibt, dass sich ein menschlicher Fahrer an einer möglichen Einfädelstelle einfädeln würde. Zum Beispiel geben der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren in dem Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug die Wahrscheinlichkeit an, dass sich ein menschlicher Fahrer vor einem vorausfahrenden Fahrzeug oder irgendwo dahinter einfädeln würde. Es sei angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit durch einen Wert zwischen 0 und 1 dargestellt wird. In einigen Ausführungsformen gilt: je höher der Einfädelfaktor, desto wahrscheinlicher ist es, dass sich ein menschlicher Fahrer vor dem vorausfahrenden Fahrzeug einfädeln würde. Somit kann die Einfädelstelle auf Grundlage des Werts des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren prognostiziert werden.

[0051] Sollte das Hostfahrzeug versuchen, an der prognostizierten Einfädelstelle einzufädeln, wobei es menschliches Verhalten nachahmt, würde das Einfädelmanöver wahrscheinlich das vorausfahrende Fahrzeug veranlassen Platz zu machen, da der Einfädelvorgang ein Manöver wäre, das ein Fahrer des vorausfahrenden Fahrzeugs erwarten würde. Auf diese Weise kann das Hostfahrzeug, auch wenn das Hostfahrzeug ein einfädelndes Fahrzeug ist, ein Fahrzeugmodell verwenden, um einen Einfädelvorgang zu prognostizieren, der ein Einfädelmanöver einleiten kann, wie etwa ein Einfädelmanöver aus Gefälligkeit (z. B. Verlangsamen, um eine Länge der Lücke zu vergrößern) von einem Fahrzeug auf der Hauptspur.

[0052] In einem Beispiel kann das Fahrzeugmodell, wie etwa das resultierende Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug, wie folgt lauten:

$$P\left(\textit{vor vorausfahrendem Fahrzeug einfädeln}\right) = \frac{e^{2{,}7 - 0{,}0558\left(\Delta d_{th}\right) + 0{,}000126\left(\Delta d_{th}\right)^2 + 0{,}133\mathrm{v} - 0{,}104\Delta v_p - 4{,}26\mathrm{F} - 0.127\mathrm{v}_{avg}}}{1 + e^{2{,}7 - 0{,}0558\left(\Delta d_{th}\right) + 0{,}000126\left(\Delta d_{th}\right)^2 + 0{,}133\mathrm{v} - 0{,}104\Delta v_p - 4{,}26\mathrm{F} - 0.127\mathrm{v}_{avg}}}$$

[0053] Ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug wird unter Bezugnahme auf **Fig. 4** beschrieben, die ein schematisches Diagramm **400** veranschaulicht, bei dem sich ein einfädelndes Fahrzeug **402** von einer Beschleunigungsspur **404** in eine Hauptspur **406** in Bezug auf ein Fahrzeug **408** auf der Hauptspur gemäß einem Ausführungsbeispiel einfädelt. Es sei angenommen, dass das einfädelnde Fahrzeug **402** das Hostfahrzeug ist. Das Fahrzeug **408** auf der Hauptspur fährt dem einfädelnden Fahrzeug **402** voraus, sodass das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug ausgewählt wird. Das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug wird verwendet, um einen oder mehrere Einfädelfaktoren zu berechnen, um die Wahrscheinlichkeit zu schätzen, dass sich ein einfädelnder Fahrer vor oder nach dem vorausfahrenden Fahrzeug einfädeln würde.

[0054] Das Prognosemodul **116** identifiziert mindestens eine mögliche Einfädelstelle, wo das einfädelnde Fahrzeug **402** versuchen kann, sich einzufädeln, gemäß dem einen oder den mehreren Einfädelfaktoren. Die möglichen Einfädelstellen können vor oder hinter benachbarten Fahrzeugen liegen, wie etwa eine erste mögliche Einfädelstelle **410** und eine zweite mögliche Einfädelstelle **412**. Auch wenn die möglichen Einfädelstellen der Deutlichkeit wegen als Kreise mit einer Fläche gezeigt sind, versteht es sich, dass die möglichen Einfädelstellen möglicherweise nicht einer Fläche oder einem Raumvolumen entsprechen, in der/dem das Einfädeln voraussichtlich stattfinden wird. Stattdessen können die möglichen Einfädelstellen Punkten im Raum entsprechen, die vor oder nach einem benachbarten Fahrzeug liegen, die angeben, ob sich ein einfädelndes Fahrzeug **402** vor oder hinter dem benachbarten Fahrzeug einfädeln wird.

[0055] Der Wert des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren kann einer der möglichen Einfädelstellen entsprechen. In einer Ausführungsform kann jede der möglichen Einfädelstellen einem Wertebereich entsprechen. In einer Ausführungsform ist der Wertebereich von einem Einfädelschwellenwert abhängig. Zum Beispiel prognostiziert das Prognosemodell **116** eine Einfädelstelle unter den möglichen Einfädelstellen auf Grundlage dessen, welcher der Bereiche dem Wert des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren entspricht. Es sei angenommen, dass die erste mögliche Einfädelstelle **410** einem Einfädelschwellenwert von größer oder gleich 0,5 entspricht und die zweite mögliche Einfädelstelle **412** dem Einfädelschwellenwert unter 0,5 entspricht. Die Einfädelfaktoren können Wahrscheinlichkeiten entsprechen, sodass ein Einfädelfaktor in einem Wertebereich zwischen 0,5 und 1 der ersten möglichen Einfädelstelle entsprechen würde und ein Einfädelfaktor in dem Wertebereich zwischen 0 und 0,49 der zweiten möglichen Einfädelstelle **412** entsprechen würde. Wenn also ein

Einfädelfaktor von 0,6 berechnet wird, prognostiziert das Prognosemodul **116** die erste mögliche Einfädelstelle **410** als die prognostizierte Einfädelstelle, die auf Grundlage des lebensechten menschlichen Verhaltens die wahrscheinlichste ist.

[0056] Der Einfädelschwellenwert kann ausgewählt werden, um das Prognosemodul **116** zu veranlassen, mögliche Einfädelstellen gemäß Emulationsparametern auszuwählen. Die Emulationsparameter können Prognosegenauigkeit und/oder Fahrerverhalten beinhalten. Zum Beispiel kann der Einfädelschwellenwert ausgewählt werden, um die Anzahl von Falschmeldungen, die durch das Prognosemodul **116** prognostiziert werden, zu reduzieren. Das Fahrerverhalten kann ebenfalls durch Einstellen des Einfädelschwellenwerts imitiert werden. In einer Ausführungsform kann der Einfädelschwellenwert verringert werden, um das Prognosemodul **116** zu veranlassen, aggressivere Einfädelvorgänge zu prognostizieren. Zum Beispiel würde ein niedrigerer Einfädelschwellenwert das Prognosemodul **116** veranlassen, die erste mögliche Einfädelstelle **410** häufiger auszuwählen, sodass prognostiziert wird, dass sich das einfädelnde Fahrzeug **402** häufiger vor dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur einfädelt. Alternativ kann der Einfädelschwellenwert erhöht werden, um das Prognosemodul **116** zu veranlassen, vorsichtigere Einfädelvorgänge zu prognostizieren, sodass das Prognosemodul **116** die zweite mögliche Einfädelstelle **412** häufiger auswählen würde, sodass prognostiziert wird, dass sich das einfädelnde Fahrzeug **402** häufiger hinter dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur einfädelt.

[0057] Jede mögliche Einfädelstelle ist der Einfachheit halber so beschrieben, dass sie einen bestimmten Bereich aufweist, die möglichen Einfädelstellen können jedoch überlappende Bereiche aufweisen. Falls die Bereiche überlappen, kann das Prognosemodul **116** den einen oder die mehreren Einfädelfaktoren auf Grundlage möglicher Einfädelstellen, die einen vorherigen oder mehrere vorherige Einfädelfaktoren erfüllt haben, neu berechnen. Auf diese Weise kann der neu berechnete Einfädelfaktor für die überlappenden möglichen Einfädelstellen verfeinert werden, bis der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren einer einzelnen möglichen Einfädelstelle entsprechen. Zusätzlich kann ein Fahrzeuginsasse dazu aufgefordert werden, eine Einfädelstelle auszuwählen, wenn zwei oder mehr mögliche Einfädelstellen durch das Prognosemodul **116** auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren prognostiziert werden. Zum Beispiel kann der Fahrzeuginsasse mit einem hörbaren Hinweis von dem Audiosystem **128** oder einem sichtbaren Hinweis auf der Anzeige **132** dazu aufgefordert werden.

[0058] Wie oben erörtert, können der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren als Wahrscheinlichkeiten (z. B. ein Wert zwischen 0 und 1) berechnet werden, die die Wahrscheinlichkeit angeben, dass sich ein menschlicher Fahrer an einer möglichen Einfädelstelle einfädeln würde. Daher kann das Einfädelprognosemodul **116** in einigen Ausführungsformen die mögliche Einfädelstelle entsprechend dem Einfädelfaktor des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren mit dem höchsten Wert und dementsprechend die höchste Wahrscheinlichkeit, dass ein Mensch diese mögliche Einfädelstelle auswählen würde, auswählen.

[0059] In einer weiteren Ausführungsform kann das Prognosemodul **116** auch Fahrparameter berücksichtigen, um eine von mehreren möglichen Einfädelstellen auszuwählen, sobald der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren berechnet wurden. Die Fahrparameter können einen Lenkwinkel, eine Bremskraft, Geschwindigkeit des Hostfahrzeugs, Geschwindigkeit des benachbarten Fahrzeugs, Folgeentfernung des Hostfahrzeugs oder eine Änderung des Lenkwinkels über die Zeit während eines Fahrmanövers usw. beinhalten. Dementsprechend kann das Prognosemodul **116** eine Einfädelstelle auf Grundlage früherer Verhaltensdaten des Fahrzeuginsassen prognostizieren.

[0060] Das Prognosemodul **116** kann auch das Verhalten der benachbarten Fahrzeuge, die keinem Fahrzeugmodell unterliegen, berücksichtigen. Es sei angenommen, dass sich ein nachfolgendes Fahrzeug **416** dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur annähert und/oder dass sich das einfädelnde Fahrzeug **402** einem vorausfahrenden Fahrzeug **418** annähert. Das Prognosemodul **116** kann die erste mögliche Einfädelstelle **410** oder die zweite mögliche Einfädelstelle **412** auf Grundlage von Fahrparametern auswählen, wie etwa die Geschwindigkeit des Fahrzeugs **408** auf der Hauptspur relativ zu dem nachfolgenden Fahrzeug **416** oder die Geschwindigkeit des benachbarten Fahrzeugs, mit der sich das einfädelnde Fahrzeug **402** einem vorausfahrenden Fahrzeug **418** annähert. Wenn sich zum Beispiel das nachfolgende Fahrzeug **416** dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur schnell annähert, wodurch die zweite mögliche Einfädelstelle **412** geschlossen wird, kann das Prognosemodul **116** prognostizieren, dass die erste mögliche Einfädelstelle **410** die Einfädelstelle ist, die durch einen Fahrzeuginsassen auf Grundlage von lebensechtem menschlichen Verhalten am wahrscheinlichsten ausgewählt würde.

[0061] Wie beschrieben, kann das Prognosemodul **116** des einfädelnden Fahrzeugs **402** ein Einfädelverhalten auf Grundlage der Position des Fahrzeugs **408** auf der Hauptspur relativ zu dem einfädelnden Fahrzeug **402**

unter Verwendung des Modells für ein vorausfahrendes Fahrzeug prognostizieren. Zusätzlich oder alternativ dazu kann das Prognosemodul **116** des einfädelnden Fahrzeugs **402** das Einfädelverhalten gemäß einem weiteren benachbarten Fahrzeug, wie etwa das nachfolgende Fahrzeug **416**, unter Verwendung des Folgemodells prognostizieren. Auf Grundlage des Folgemodells kann das Prognosemodell **116** eine Einfädelstelle aus der zweiten möglichen Einfädelstelle **412** oder einer dritten möglichen Einfädelstelle **414** prognostizieren.

[0062] Das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug kann die gleichen oder andere mögliche Faktoren x_n und Modellkoeffizienten β_n verwenden. Beispiele für mögliche Faktoren x_n und Modellkoeffizienten β_n für das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug beruhen auf der relativen Bewegung des Hostfahrzeugs und des benachbarten Fahrzeugs sowie den empfangenen lebensechten Daten und können wie folgt lauten:

Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug			
β_0	0,35		
β_1	-0,628	x_1	Δd_{hh}
β2	-0,156	x_2	Δv_f

[0063] Somit beinhalten die möglichen Faktoren die relative Folgeentfernung Δd_{hh}, gemessen zwischen der Front des nachfolgenden Fahrzeugs und der Front des Hostfahrzeugs, sowie die relative Folgegeschwindigkeit Δv_f, die Geschwindigkeit des nachfolgenden Fahrzeugs relativ zu dem Hostfahrzeug. Die möglichen Faktoren können aus Daten von den Hostfahrzeugsensoren **136** bestimmt werden. Zum Beispiel können die Hostfahrzeugsensoren **136** die Geschwindigkeit des Hostfahrzeugs erkennen. Gleichermaßen können die Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge Daten von dem benachbarten Fahrzeug und von dem benachbarten Fahrzeug relativ zu dem Hostfahrzeug erkennen, wie etwa eine relative Folgegeschwindigkeit Δv_f, die Geschwindigkeit des nachfolgenden benachbarten Fahrzeugs relativ zu dem Hostfahrzeug.

[0064] Das resultierende Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug kann wie folgt lauten:

$$P\left(\textit{vor dem nachfolgenden Fahrzeug einfädeln}\right) = \frac{e^{0{,}35 - 0{,}628\left(\Delta d_{hh}\right) - 0{,}156\Delta v_f}}{1 + e^{0{,}35 - 0{,}628\left(\Delta d_{hh}\right) - 0{,}156\Delta v_f}}$$

[0065] Auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren, die gemäß dem Folgemodell berechnet werden, kann das Prognosemodul **116** in ähnlicher Weise wie oben beschrieben eine Einfädelstelle zwischen den benachbarten Fahrzeugen prognostizieren, wie etwa die zweite mögliche Einfädelstelle **412** und die dritte mögliche Einfädelstelle **414**. Zum Beispiel kann der Wert des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren einer der möglichen Einfädelstellen entsprechen. Somit kann das Prognosemodul **116** eine mögliche Einfädelstelle unter den möglichen Einfädelstellen auf Grundlage dessen, welche Wertebereiche dem einen oder den mehreren Einfädelfaktoren entsprechen, in ähnlicher Weise wie oben im Hinblick auf das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug beschrieben prognostizieren. Die Bereiche können auf dem gleichen oder einem anderen Einfädelschwellenwert beruhen, wie oben im Hinblick auf das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug beschrieben wurde. Die prognostizierte Einfädelstelle wird auf Grundlage von Daten des lebensechten menschlichen Verhaltens als die wahrscheinlichste Stelle, die ein Fahrzeuginsasse zum Einfädeln wählen würde, ausgewählt.

[0066] Als eine Alternative zum Verwenden von Bereichen können der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren mit einem Schwellenwert verglichen werden, um zu bestimmen, welche mögliche Einfädelstelle auf Grundlage des lebensechten menschlichen Verhaltens die wahrscheinlichste ist. Zum Beispiel kann ein Einfädelfaktor, der größer als der Schwellenwert ist, angeben, dass prognostiziert würde, dass der menschliche Fahrer vor dem nachfolgenden Fahrzeug **416** an der zweiten möglichen Einfädelstelle **412** einfädeln würde. Wenn stattdessen der Einfädelfaktor geringer als der Schwellenwert ist, würde prognostiziert, dass ein menschlicher Fahrer hinter dem nachfolgenden Fahrzeug **416** an der dritten möglichen Einfädelstelle **414** einfädeln würde.

[0067] Während das Vorausfahrmodell und das Folgemodell der Deutlichkeit wegen getrennt beschrieben wurden, können das Vorausfahrmodell und das Folgemodell kombiniert werden, um ein Verhaltensmodell zu bilden, das das Verhalten für mehrere benachbarte Fahrzeuge modellieren kann, wie etwa das Fahrzeug **408** auf der Hauptspur und das nachfolgende Fahrzeug **416**. Da die Prognose auf mehr als einem benachbarten Fahrzeug beruht, kann das Prognosemodul aus mehr als zwei möglichen Einfädelstellen auswählen. Da hierbei das Fahrzeug **408** auf der Hauptspur und das nachfolgende Fahrzeug **416** modelliert werden, kann eine mög-

liche Einfädelstelle beispielsweise gemäß dem Verhaltensmodell aus der ersten möglichen Einfädelposition **410**, der zweiten möglichen Einfädelposition **412** oder der dritten möglichen Einfädelposition **414** ausgewählt werden. Wie vorstehend beschrieben, wird das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug oder das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug auf Grundlage der relativen Positionen des Hostfahrzeugs und des modellierten benachbarten Fahrzeugs ausgewählt. Dementsprechend kann das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug oder das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug auf Grundlage der relativen Position eines beliebigen der benachbarten Fahrzeuge zu dem Hostfahrzeug ausgewählt werden.

[0068] Das Verhaltensmodell kann aus dem Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug und dem Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug unter Verwendung eines maschinellen Lernverfahrens generiert werden. Jede beliebige Art eines maschinellen Lernmodells kann umgesetzt werden, wie etwa ein Random-Forest-Modell, eine Support-Vektor-Maschine oder ein logistisches Regressionsmodell.

[0069] Es sei zum Beispiel angenommen, dass sich das Fahrzeug **408** auf der Hauptspur einem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur annähert und/oder dass sich das einfädelnde Fahrzeug **402** einem einfädelnden vorausfahrenden Fahrzeug **418** annähert. Das Prognosemodul **116** kann die erste mögliche Einfädelstelle **410** oder die zweite mögliche Einfädelstelle **412** auf Grundlage von Fahrparametern, wie etwa die Fahrzeuggeschwindigkeit des nachfolgenden Fahrzeugs **416** relativ zu dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur oder die Fahrzeuggeschwindigkeit, mit der sich das einfädelnde Fahrzeug **402** dem einfädelnden vorausfahrenden Fahrzeug **438** annähert, prognostizieren. Wenn zum Beispiel das einfädelnde vorausfahrende Fahrzeug **438** Kopf an Kopf mit dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur mit einer ähnlichen Geschwindigkeit fährt, ist die erste mögliche Einfädelstelle **430** für das einfädelnde Fahrzeug möglicherweise nicht verfügbar und dementsprechend kann das Prognosemodul **116** die zweite mögliche Einfädelstelle **412** prognostizieren.

[0070] Während das Beispiel der **Fig. 4** ein Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug in Bezug auf das einfädelnde Fahrzeug **402** als das Hostfahrzeug beschreibt, könnte das nachfolgende Fahrzeug **416** ebenfalls ein Hostfahrzeug sein. Zum Beispiel kann statt einem Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug durch das nachfolgende Fahrzeug **416**, das als ein Hostfahrzeug fungiert, verwendet werden, da das einfädelnde Fahrzeug **402** dem nachfolgenden Fahrzeug **416** vorausfährt.

[0071] In den bisher beschriebenen Ausführungsformen wird eines der benachbarten Fahrzeuge auf ein Fahrzeugmodell angewendet. Jedoch könnten mehrere benachbarte Fahrzeuge auf Fahrzeugmodelle angewendet werden, was zur Berechnung einer Vielzahl von Einfädelfaktoren führt. Wenn zum Beispiel angenommen wird, dass das einfädelnde Fahrzeug **402** ein Hostfahrzeug ist, kann das Prognosemodul **116** ein Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug in Bezug auf das nachfolgende Fahrzeug **416** und ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug für das Fahrzeug **408** auf der Hauptspur auswählen. Auf diese Weise kann das Prognosemodul **116** sowohl das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug als auch das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug verwenden. In einer weiteren Ausführungsform kann das Prognosemodul **116** das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug in Bezug auf sowohl das Fahrzeug **408** auf der Hauptspur als auch das vorausfahrende Fahrzeug **418** verwenden. Zurückkehrend zu dem Beispiel, in dem das nachfolgende Fahrzeug **416** der **Fig. 4** das Hostfahrzeug ist, kann das Prognosemodul **116** ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug auf Grundlage der relativen Position des einfädelnden Fahrzeugs **402** zu dem nachfolgenden Fahrzeug **416** auswählen. Der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren werden auf Grundlage des ausgewählten Modells berechnet und das Prognosemodul **116** prognostiziert auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren eine Einfädelstelle.

[0072] Das Steuermodul **118** stellt einen kinematischen Parameter des nachfolgenden Fahrzeugs **416** auf Grundlage der prognostizierten Einfädelposition ein. Zum Beispiel kann das Steuermodul **118** einen kinematischen Parameter des nachfolgenden Fahrzeugs **416** einstellen, um eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle zu schaffen oder zu vergrößern. Dementsprechend kann das Steuermodul **118** das nachfolgende Fahrzeug **416** steuern, um eine Lücke an der prognostizierten, zweiten möglichen Einfädelposition **412** mit einer ausreichenden Größe zu schaffen, um zu ermöglichen, dass sich das einfädelnde Fahrzeug **402** von der Beschleunigungsspur **404** auf die Hauptspur **406** bewegt. Somit kann das Steuermodul **118** das nachfolgende Fahrzeug **416** dazu veranlassen, einen Einfädelvorgang aus Gefälligkeit für das einfädelnde Fahrzeug **402** zu ermöglichen, in ähnlicher Weise, wie es ein menschlicher Fahrer tun würde.

[0073] Die kinematischen Parameter können eine aktuelle Drehzahl, eine aktuelle Geschwindigkeit, ein gesteuerter Kurs des Hostfahrzeugs usw. beinhalten, die die Bewegung des Hostfahrzeugs verändern. In einigen Ausführungsformen kann das Steuermodul **118** eine Komponente einer Anwendungsprogrammschnittstelle (application program interface - API) (nicht gezeigt) einsetzen. Die API-Komponente kann das Hostfahrzeug

auf Grundlage von Informationen von dem Steuermodul **118** betreiben. Auf diese Weise können das Steuermodul **118** und/oder die API-Komponente das Hostfahrzeug in einer autonomen Art und Weise betreiben. Angenommen beispielsweise das Hostfahrzeug ist ein einfädelndes Fahrzeug, das sich aktuell auf einer Beschleunigungsspur befindet, kann das Steuermodul **118** eine Längsgeschwindigkeitssteuerfunktion steuern, die mit einer höheren Rate ausgewertet würde, wie etwa 10 Hz, da sie Informationen verwendet, die schnell variieren können. Die Längsgeschwindigkeitssteuerfunktion wird vom Steuermodul **118** verwendet, um das Hostfahrzeug mit der prognostizierten Einfädelposition auszurichten. Auf diese Weise kann das Steuermodul den folgenden Beschleunigungsbefehl umsetzen:

$$a = \lim\left(-0{,}5g, K_y y_e + K_u u_e, 0{,}5g\right)$$

wobei

$$K_y = 1/sek^2 \text{ und } K_y = 2/sek^2$$

[0074] Die Termini y_e und u_e sind die relative Lücken- und Geschwindigkeitsfehler auf Grundlage des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs, das durch das Identifizierungsmodul **114** identifiziert wird. In einigen Ausführungsformen würde eine Lückenprüffunktion ebenfalls mit 10 Hz ausgewertet. In diesem Beispiel würde ein Einfädelmanöver eingeleitet werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind: das Hostfahrzeug ist auf der Beschleunigungsspur, die keine Auffahrt ist, die vordere und hintere Lücke sind beide größer als eine vorbestimmte Lückenlänge (z. B. 1,52 m (5 Fuß)) und die vordere und hintere Zeit bis 1,52 m sind beide länger als 5 Sekunden. Auf diese Weise werden die Fahrzeugmodelle verwendet, um ein Einfädelverhalten zu prognostizieren. Ein oder mehrere Einfädelfaktoren werden aus den Fahrzeugmodellen berechnet. Der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren können Folgendes angeben: 1) uneingeschränkter Einfädelvorgang, wenn weder vorausfahrende noch nachfolgende Fahrzeuge vorhanden sind; 2) Einfädelvorgang vor dem nachfolgenden Fahrzeug, wenn kein vorausfahrendes Fahrzeug vorhanden ist; 3) Einfädelvorgang vor dem vorausfahrenden Fahrzeug; 4) Einfädelvorgang zwischen dem vorausfahrenden und dem nachfolgenden Fahrzeug; 5) Einfädelvorgang hinter dem nachfolgenden Fahrzeug; 6) Einfädelvorgang hinter dem vorausfahrenden Fahrzeug, wenn kein nachfolgendes Fahrzeug vorhanden ist. Zum Beispiel können die Einfädelfaktoren in einer Ausführungsform relativ zu den benachbarten Fahrzeugen, die sich auf der Fahrbahn befinden können, auf Folgendes hinweisen:

Durch den Einfädelfaktor angegebene Art des Einfädelvorgangs	prognostizierte mögliche Einfädelstelle	Fahrzeug voraus	Fahrzeug dahinter
uneingeschränkter Einfädelvorgang - wenn weder vorausfahrende noch nachfolgende Fahrzeuge vorhanden sind	412	keines	keines
Einfädelvorgang vor dem nachfolgenden Fahrzeug - wenn kein vorausfahrendes Fahrzeug vorhanden ist	412	keines	416
Einfädelvorgang vor dem vorausfahrenden Fahrzeug	410	(a)	408
Einfädelvorgang zwischen dem vorausfahrenden und dem nachfolgenden Fahrzeug	412	408	416
Einfädelvorgang hinter dem nachfolgenden Fahrzeug	414	416	(b)
Einfädelvorgang hinter dem vorausfahrenden Fahrzeug - wenn kein nachfolgendes Fahrzeug vorhanden ist	412	408	keines

[0075] Die Tabelle veranschaulicht die Art des Einfädelvorgangs auf Grundlage der Fahrzeuge in dem Fahrbahnbeispiel. In der Zeile „Einfädelvorgang vor dem vorausfahrenden Fahrzeug“ gibt (a) an, dass sich möglicherweise ein weiteres Fahrzeug vor dem vorausfahrenden Fahrzeug befindet. Falls dem so ist, wird die relative Entfernung und Geschwindigkeit des Fahrzeugs vor dem vorausfahrenden Fahrzeug verwendet, um die akzeptable Lücke und Geschwindigkeitsregulierung des Hostfahrzeugs zu bestimmen. In der Zeile „Einfädel-

vorgang hinter dem nachfolgenden Fahrzeug“ gibt (b) an, dass sich möglicherweise ein weiteres Fahrzeug hinter dem nachfolgenden Fahrzeug befindet. Falls dem so ist, wird die relative Entfernung und Geschwindigkeit des Fahrzeugs hinter dem nachfolgenden Fahrzeug verwendet, um die akzeptable Lücke und Geschwindigkeitsregulierung des Hostfahrzeugs zu bestimmen.

[0076] Fig. 5 ist ein schematisches Diagramm, das ein einfädelndes Fahrzeug abbildet, das sich in einer Einfädelentfernung zu einer prognostizierten Einfädelstelle bewegt, gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das Steuermodul **118** stellt einen kinematischen Parameter des einfädelnden Fahrzeugs **502** auf einer Beschleunigungsspur **504**, angrenzend an eine Hauptspur **506**, ein. Eine prognostizierte Einfädelstelle **508** liegt vor einem Hauptspurfahrzeug **510** auf der Hauptspur **506**. Der kinematische Parameter des einfädelnden Fahrzeugs **502**, hier ein Hostfahrzeug, wird eingestellt, um das einfädelnde Fahrzeug **502** in eine Einfädelentfernung **512** zu der prognostizierten Einfädelstelle **508** zu bringen. Die Einfädelentfernung **512** kann eine Schwellenentfernung von der prognostizierten Einfädelstelle **508** sein, zum Beispiel eine vorbestimmte Anzahl von Yard, Fuß oder Meter, die das einfädelnde Fahrzeug **502** in Längsrichtung, seitlich oder diagonal von der prognostizierten Einfädelstelle **508** trennt.

[0077] In einer Ausführungsform, wenn ein einfädelndes Fahrzeug **502** innerhalb einer Einfädelentfernung **512** zu der prognostizierten Einfädelstelle **508** ist, dann wird das Fahrzeug **510** auf der Hauptspur, wenn es ein Hostfahrzeug ist, durch das Steuermodul **118** gesteuert, um einen Einfädelvorgang aus Gefälligkeit einzuleiten, indem ein kinematischer Parameter des Fahrzeugs **510** auf der Hauptspur eingestellt wird, um eine Lücke **514** an der prognostizierten Einfädelstelle **508** zu schaffen.

[0078] Alternativ dazu sei angenommen, dass das einfädelnde Fahrzeug **502** das Hostfahrzeug ist. In einer weiteren Ausführungsform kann ein Einfädelmodul **120** des einfädelnden Fahrzeugs **502** bestimmen, ob eine Lücke **514** an der prognostizierten Einfädelstelle **508** eine ausreichende Größe aufweist, um das einfädelnde Fahrzeug **502** unterzubringen. Die Fahrzeugsensoren **134** des einfädelnden Fahrzeugs **502** können die Länge **516** der Lücke **514** messen. Die Länge **516** der Lücke kann durch die Entfernung von dem Fahrzeug **510** auf der Hauptspur zu einem auf der Hauptspur vorausfahrenden Fahrzeug **518** definiert sein. Wenn kein auf der Hauptspur vorausfahrendes Fahrzeug **518** vorhanden ist, kann die Länge **516** der Lücke als unendlich betrachtet werden und stattdessen der relative Folgeabstand Δd_{hh} berechnet werden, gemessen zwischen der Front des nachfolgenden Fahrzeugs zu der Front des Hostfahrzeugs, das in diesem Beispiel das einfädelnde Fahrzeug **502** ist.

[0079] In einer weiteren Ausführungsform kann die Länge **516** der Lücke mit einem Lückenschwellenwert verglichen werden, um zu bestimmen, ob die Lücke **514** eine ausreichende Größe aufweist, um das einfädelnde Fahrzeug **502** unterzubringen. In einigen Ausführungsformen ist der Lückenschwellenwert das Doppelte der Länge des einfädelnden Fahrzeugs **502**. In einigen Ausführungsformen wird dadurch, dass die Länge **516** der Lücke größer als der Lückenschwellenwert ist, angegeben, dass die Lücke **514** ausreichend groß ist, um das einfädelnde Fahrzeug **502** unterzubringen. Im Gegensatz dazu wird dadurch, dass die Länge **516** der Lücke geringer als der Lückenschwellenwert ist, angegeben, dass die Lücke **514** nicht ausreichend groß ist, um das einfädelnde Fahrzeug **502** unterzubringen.

[0080] Als Reaktion auf das Bestimmen, dass die Lücke **514** ausreichend groß ist, veranlasst das Einfädelmodul **120** das einfädelnde Fahrzeug **502**, ein Einfädelmanöver einzuleiten. Das Einfädelmanöver kann beinhalten, dass sich das Hostfahrzeug in die prognostizierte Einfädelstelle bewegt oder ein Einfädelvorgang aus Gefälligkeit eingeleitet wird. Zum Beispiel kann die Längsgeschwindigkeitssteuerung weitergehen, um zwischen den gewünschten Zielfahrzeugen in der Beschleunigungsendspur zu bleiben, das Hostfahrzeug wird gemäß einem Kurswinkel, wie etwa 20°, gelenkt, um sich in eine Endspur einzufädeln, und der Abschluss des Einfädelvorgangs wird geprüft. In einigen Ausführungsformen kann das Einleiten eines Einfädelmanövers Benachrichtigen eines Fahrzeuginsassen über die Möglichkeit eines Einfädelvorgangs beinhalten. Zum Beispiel kann das Navigationsgerät Einfädelparameter, wie etwa Position, Entfernung und Richtung zu der prognostizierten Einfädelstelle, veranschaulichen. Die Einfädelparameter können auf der Anzeige **132** des Infotainmentsystems **130** oder einer Heads-Up-Anzeige (nicht gezeigt) dargestellt werden.

[0081] Fig. 6 veranschaulicht eine Ansicht eines Einfädelbilds und einer Einfädelbenachrichtigungsleuchte gemäß einem Ausführungsbeispiel. **Fig. 6** wird in Bezug auf **Fig. 5** beschrieben. Genauer veranschaulicht **Fig. 6** eine Sicht eines Fahrers, der durch eine Windschutzscheibe **602** eines Fahrzeugs **600** blickt, während Einfädelbenachrichtigungen in einem Einfädelbild **604** dargestellt werden. Das Einfädelbild **604** kann durch ein Heads-Up-Anzeigesystem (nicht gezeigt) projiziert werden. Das Einfädelbild **604** beinhaltet die Einfädelparameter. Zum Beispiel können die Position **606**, die Entfernung **608** und die Richtung **610** zu der prognos-

tizierten Einfädelstelle **508** auf dem Einfädelbild **604** gezeigt werden. In einigen Ausführungsformen wird das Einfädelbild **604** mit durch das Navigationssystem **124** bereitgestellten Navigationsinformationen überlagert. Auf diese Weise können Fahrspurinformationen speziell für eine identifizierte Fahrspur auf der Fahrbahn bereitgestellt werden, wie etwa eine Fahrspur, die eine prognostizierte Einfädelstelle **508** aufweist, während eine Wegbeschreibung zu einem Ziel bereitgestellt wird. Zusätzlich oder als eine Alternative zum Darstellen eines Einfädelbilds **604** kann das Einfädelmodul **120** ein Beleuchtungssystem **126** verwenden, um Lichter zu steuern, zum Beispiel Fahrzeuginnenkabinenlichter, Scheinwerfer, Blinker, Anzeigen für den toten Winkel (nicht gezeigt). In einer Ausführungsform kann eine Einfädellichtanzeige **612** ein oder mehrere Lichter enthalten, wie etwa Leuchtdioden, um die Anwesenheit und Position einer prognostizierten Einfädelstelle **508** anzugeben. Zum Beispiel sei angenommen, dass das einfädelnde Fahrzeug **502** ein Hostfahrzeug ist. Als Reaktion auf das Bestimmen, dass die Lücke **514** eine ausreichende Größe aufweist, veranlasst das Einfädelmodul **120** die Einfädellichtanzeige **612**, in einer vorbestimmten Farbe zu leuchten, in einem vorbestimmten Muster zu blinken oder beides.

[0082] Zusätzlich zu dem Einfädelmodul **120** kann das Beleuchtungssystem **126** durch das Steuermodul **118** gesteuert werden. Zum Beispiel sei angenommen, dass das Fahrzeug **510** auf der Hauptspur ein Hostfahrzeug ist. Wenn ein kinematischer Parameter eingestellt wird, kann das Steuermodul **118** auch das Beleuchtungssystem **126** steuern, damit es die Einfädellichtanzeige **612** in Farben und/oder Mustern beleuchtet, um anzugeben, dass sich die Bewegung des Fahrzeugs **510** auf der Hauptspur als Reaktion auf die Prognose einer Einfädelstelle **508** verändert.

[0083] In einer weiteren Ausführungsform kann der Prozessor **104** das Beleuchtungssystem **126** veranlassen, die Einfädellichtanzeige **612** zu steuern, damit sie in einem Muster und/oder einer Farbe leuchtet, um einen sichtbaren Hinweis für einen Fahrzeuginsassen während des gesamten Einfädelvorgangs bereitzustellen. Zum Beispiel kann die Einfädellichtanzeige **612**, angenommen, dass das einfädelnde Fahrzeug **502** ein Hostfahrzeug ist, als Reaktion darauf, dass ein Blinker beleuchtet ist, in einer roten Farbe leuchten, bis eine prognostizierte Einfädelstelle **508** prognostiziert ist, in einer gelben Farbe leuchten, bis sich das einfädelnde Fahrzeug **502** innerhalb einer Einfädelentfernung **512** zu der prognostizierten Einfädelstelle **508** befindet und/oder in einer grünen Farbe leuchten, wenn die Lücke ausreichend groß für einen Einfädelvorgang ist, oder um anzugeben, dass das Einfädelmanöver eingeleitet wurde. Dementsprechend können das Einfädelbild **604** und/oder die Einfädellichtanzeige **612** verwendet werden, um einem Fahrzeuginsassen visuelle Benachrichtigungen bereitzustellen.

[0084] Zusätzlich kann das Audiosystem **128** einem Fahrzeuginsassen hörbare Hinweise bereitstellen. Zum Beispiel kann das Audiosystem **128** eine Benachrichtigung abspielen oder den Inhalt und/oder die Lautstärke von Audio in einem Bereich um jeden Fahrzeuginsassen (z. B. in der Nähe des Fahrzeuginsassen oder an einem Lautsprecher in der Nähe des Fahrzeuginsassen) einstellen. Zum Beispiel kann die Einfädellichtanzeige **612** einen Lautsprecher beinhalten. Die Benachrichtigung kann ein Ton, ein Tonmuster oder eine gesprochene Benachrichtigung sein. Die gesprochene Benachrichtigung kann die Einfädelparameter beschreiben oder Anweisungen hinsichtlich eines Einfädelmanövers verlauten lassen. In einigen Ausführungsformen können das Navigationssystem **124**, das Beleuchtungssystem **126** und das Audiosystem **128** mit dem Infotainmentsystem **130** zusammenarbeiten, um einem Fahrzeuginsassen sichtbare und hörbare Hybridbenachrichtungen bereitzustellen. Zurückkehrend zu **Fig. 5** kann das Einfädelmodul **120** das einfädelnde Fahrzeug **502** steuern, damit es in einer Weise funktioniert oder manövriert, die es dem einfädelnden Fahrzeug **502** erleichtert, sich in die Lücke **514** in der Hauptspur **506** einzufädeln. Zum Beispiel kann das Einfädelmodul **120** ein autonomes Fahrsystem oder ein unterstütztes Fahrerassistenzsystem auslösen, um das einfädelnde Fahrzeug **502** zu veranlassen, dementsprechend zu funktionieren oder zu manövrieren. Als Reaktion auf das Bestimmen, dass die Lücke **514** keine ausreichende Größe aufweist, veranlasst das Einfädelmodul **120** das Prognosemodul **116**, eine aktualisierte Einfädelstelle zu prognostizieren. Dementsprechend aktualisiert das Prognosemodul **116** die prognostizierte Einfädelstelle, wenn eine zuvor prognostizierte Einfädelstelle nicht praktikabel wird. Die aktualisierte prognostizierte Einfädelstelle wird in der gleichen Art und Weise berechnet, wie oben beschrieben wurde, wobei die aktuelle relative Position der benachbarten Fahrzeuge, wie etwa das Fahrzeug **510** auf der Hauptspur oder das auf der Hauptspur vorausfahrende Fahrzeug **518**, integriert wird.

[0085] Auf diese Weise kann eine prognostizierte Einfädelstelle **508** wiederholt bestimmt werden, bis das einfädelnde Fahrzeug **502** entscheidet, sich nicht einzufädeln, oder sich in die Lücke **514** bewegt. Die Lücke **514** ist möglicherweise nicht die optimale Einfädelstelle, aber da die Modelle lebensechte Datensätze enthalten, gleicht sich die prognostizierte Einfädelstelle Resultaten menschlichen Verhaltens an, um eine problemlose Einfädelunterstützung bereitzustellen. Somit setzt das Einfädelverhaltenssystem ein Einfädelverfahren und -system mit einer Einfädelstellenprognose auf Grundlage von lebensechten Datensätzen um und verbessert

das Erlebnis von Fahrzeuginsassen durch intelligenteres und menschenähnlicheres Verhalten während Einfädelmanövern in Situationen mit hoher Belastung.

[0086] **Fig. 7** ist ein Prozessablaufdiagramm eines Verfahrens zum Prognostizieren eines Einfädelverhaltens. Das Einfädelverhalten kann von einem einfädelnden Fahrzeug als Hostfahrzeug oder einem Fahrzeug auf der Hauptspur als Hostfahrzeug prognostiziert werden. Es versteht sich, dass die hierin erörterten veranschaulichenden Beispiele beispielhafter Natur sind und dass unterschiedliche Hostfahrzeuge, Fahrzeugmodelle und kinematische Parameter implementiert werden können.

[0087] Bei Block **702** beinhaltet das Verfahren Identifizieren mindestens eines benachbarten Fahrzeugs auf der Beschleunigungsspur und/oder der Hauptspur. In einer Ausführungsform empfängt ein Identifizierungsmodul **114** Datenströme von Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge, um zu bestimmen, ob ein oder mehrere benachbarte Fahrzeuge in der Nähe des Hostfahrzeugs sind. Datenströme können auch durch das Identifizierungsmodul **114** von entfernten Sensoren (z. B. Verkehrskameras, Sensoren im Fahrbahnbelag, Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Netzwerk) über das Netzwerk **140** empfangen werden. In einigen Ausführungsformen wird ein Fahrzeug innerhalb eines benachbarten Entfernungsradius vom Hostfahrzeug als ein benachbartes Fahrzeug identifiziert. Der benachbarte Entfernungsradius kann eine vorbestimmte radiale Entfernung sein, die von dem Hostfahrzeug gemessen wird.

[0088] Bei Block **704** beinhaltet das Verfahren Auswählen eines oder mehrerer Fahrzeugmodelle auf Grundlage des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs. Zum Beispiel kann ein Prognosemodul **116** ein Fahrzeugmodell auf Grundlage einer relativen Position des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs zu dem Hostfahrzeug auswählen. Die Modelle beruhen auf lebensechten Datensätzen, die Resultate menschlichen Verhaltens annähern. Dementsprechend wird ein Modell ausgewählt, um eine Annäherung daran, was ein menschlicher Fahrer angesichts der relativen Position benachbarter Fahrzeuge zu dem Hostfahrzeug tun würde, zu bewirken.

[0089] In einer Ausführungsform können zwei oder mehr Fahrzeuge als benachbarte Fahrzeuge identifiziert werden, einschließlich eines ersten Fahrzeugs und eines zweiten Fahrzeugs. Dementsprechend kann ein Modell für das erste Fahrzeug und ein Modell für das zweite Fahrzeug ausgewählt werden, das jeweils dem ersten Fahrzeug bzw. dem zweiten Fahrzeug entspricht. Es sei zum Beispiel angenommen, dass das erste benachbarte Fahrzeug ein vorausfahrendes Fahrzeug relativ zu dem Hostfahrzeug ist. Ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug würde ausgewählt werden, um dem ersten Fahrzeug zu entsprechen. Das erste Fahrzeug kann auf Grundlage einer vorangehenden Lückenlänge als ein vorausfahrendes Fahrzeug betrachtet werden. Die vorangehende Lückenlänge kann eine Entfernung zu einem benachbarten Fahrzeug vor dem Hostfahrzeug sein. Die vorangehende Lückenlänge ist nicht nur eine Längsmessung. Zum Beispiel kann die vorangehende Lückenlänge benachbarte Fahrzeuge enthalten, die diagonal vor dem Hostfahrzeug sind, wie etwa wenn das Hostfahrzeug und das benachbarte Fahrzeug auf unterschiedlichen Fahrspuren sind. Gleichermaßen kann das zweite Fahrzeug ein nachfolgendes Fahrzeug relativ zu dem Hostfahrzeug sein. Dementsprechend kann ein nachfolgendes Fahrzeug ausgewählt werden, um dem zweiten Fahrzeug zu entsprechen. Das zweite Fahrzeug kann auf Grundlage einer nachfolgenden Lückenlänge als ein nachfolgendes Fahrzeug betrachtet werden. Die nachfolgende Lückenlänge kann eine Entfernung zu einem benachbarten Fahrzeug hinter dem Hostfahrzeug sein. Die nachfolgende Lückenlänge ist nicht nur eine Längsmessung. Zum Beispiel kann die nachfolgende Lückenlänge, wie auch die vorangehende Lückenlänge, benachbarte Fahrzeuge enthalten, die diagonal hinter dem Hostfahrzeug sind, wie etwa wenn das Hostfahrzeug und das benachbarte Fahrzeug auf unterschiedlichen Fahrspuren sind.

[0090] Bei Block **706** beinhaltet das Verfahren Berechnen eines oder mehrerer Einfädelfaktoren entsprechend dem einen oder den mehreren Modellen. Der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren können aus dem einen oder den mehreren Modellen auf Grundlage von möglichen Faktoren und Modellkoeffizienten berechnet werden, wie etwa eine Variable des nachfolgenden Fahrzeugs, die einen Binärwert aufweist, basierend darauf, ob das mindestens eine benachbarte Fahrzeug ein nachfolgendes Fahrzeug beinhaltet.

[0091] Bei Block **708** beinhaltet das Verfahren Prognostizieren einer Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der mehreren Faktoren. Die prognostizierte Einfädelstelle kann durch Vergleichen des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren mit Bereichen und/oder Schwellenwerten, die mit möglichen Einfädelstellen assoziiert sind, ausgewählt werden. Zum Beispiel können der eine oder die mehreren Einfädelfaktoren mit mindestens einem Schwellenwert verglichen werden und wird eine prognostizierte Einfädelstelle auf Grundlage des Vergleichs prognostiziert.

[0092] Bei Block **710** beinhaltet das Verfahren Einstellen eines kinematischen Parameters des Hostfahrzeugs. Zum Beispiel kann ein kinematischer Parameter des Hostfahrzeugs eingestellt werden, um das Hostfahrzeug in eine Einfädelentfernung zu der prognostizierten Einfädelstelle zu bringen. Unter der Annahme, dass das Hostfahrzeug ein einfädelndes Fahrzeug ist, kann der kinematische Parameter eingestellt werden, um das einfädelnde Fahrzeug seitlich in Übereinstimmung mit der prognostizierten Einfädelstelle zu bringen. Zum Beispiel kann der kinematische Parameter die Geschwindigkeit des Hostfahrzeugs sein, um das Hostfahrzeug zu veranlassen, zu der prognostizierten Einfädelstelle zu beschleunigen oder zu verlangsamen. Alternativ kann der kinematische Parameter unter der Annahme, dass das Hostfahrzeug ein Fahrzeug auf der Hauptspur ist, eingestellt werden, um eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle zu schaffen.

[0093] Der kinematische Parameter kann durch ein Steuermodul **118** eingestellt werden. In einigen Ausführungsformen kann das Steuermodul **118** den kinematischen Parameter mit einem fortschrittlichen Fahrerassistenzsystem oder einem autonomen Fahrsystem (nicht gezeigt) einstellen. In einer weiteren Ausführungsform kann das Steuermodul **118** die Fahrzeugsysteme **122** einsetzen, wie etwa das ABS-System, das Bremsassistenzsystem, das automatische Bremsenvorfüllsystem, das Low-Speed-Follow-System oder das Geschwindigkeitsregelsystem, um den kinematischen Parameter einzustellen.

[0094] **Fig. 8** ist ein Prozessablaufdiagramm eines Verfahrens zum Prognostizieren eines Einfädelverhaltens von einfädelnden Fahrzeugen einschließlich eines Einfädelverhaltensmodells gemäß einem Ausführungsbeispiel. **Fig. 8** weist Blöcke **702**-**710** auf, die ähnlich zu denjenigen sind, die in Bezug auf **Fig. 7** zuvor erörtert wurden und in Bezug auf **Fig. 5** beschrieben werden. Die Blöcke **702**-**710** der **Fig. 8** funktionieren in gleicher Weise wie die zuvor bei **Fig. 7** beschriebenen. Es versteht sich, dass die hierin erörterten veranschaulichenden Beispiele beispielhafter Natur sind und dass Hostfahrzeuge, Fahrzeugmodelle und kinematische Parameter umgesetzt werden können.

[0095] Fortfahrend mit Block **802** beinhaltet das Verfahren Bestimmen, ob eine Lücke **514** an der prognostizierten Einfädelstelle **508** vorhanden ist. Zum Beispiel kann das Einfädelmodul **120** die Fahrzeugsensoren **134** verwenden, einschließlich der Hostfahrzeugsensoren **136** und/oder der Sensoren für benachbarte Fahrzeuge, um zu bestimmen, ob eine Lücke mit ausreichender Größe an der prognostizierten Einfädelstelle vorhanden ist. Zum Beispiel können die Fahrzeugsensoren **134** verwendet werden, um die Länge der Lücke zu messen. Die Länge der Lücke kann zwischen zwei benachbarten Fahrzeugen, einem benachbarten Fahrzeug und einem Hindernis (z. B. angehaltener Verkehr, Ende der Fahrspur usw.) oder zwei Hindernissen gemessen werden.

[0096] Wenn keine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle verfügbar ist, kehrt das Verfahren zu Block **702** zurück. Bei Block **702** werden ein oder mehrere benachbarte Fahrzeuge aufgrund ihrer aktuellen Position relativ zu dem Hostfahrzeug identifiziert. Wenn die Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle verfügbar ist, wird das Verfahren bei Block **804** fortgesetzt.

[0097] Bei Block **804** wird ein Einfädelmanöver eingeleitet. Das Einfädelmodul **120** kann ein autonomes Fahrsystem oder ein fortschrittliches Fahrerassistenzsystem einsetzen, um das Einfädelmanöver einzuleiten. Das Einleiten eines Einfädelmanövers kann eines oder mehrere von Auslösen eines hörbaren Hinweises (z. B. Tonbenachrichtigung, gesprochene Benachrichtigung usw.), Auslösen eines sichtbaren Hinweises (z. B. eine Beleuchtungssequenz, die Anzeige **132**, Projektion der Heads-Up-Anzeige usw.), Vereinfachen einer Einfädelbewegung (z. B. Spurwechsel, Bewegen in ausreichende Lücke usw.) beinhalten. Durch Vereinfachen des Einfädelmanövers stellen die hier beschriebenen Systeme und Verfahren ein verbessertes Fahrererlebnis bereit. Außerdem gleicht sich das vereinfachte Einfädelmanöver dem Verhalten des Fahrzeuginsassen an, da die Modellierung auf Datensätzen lebensechten Verhaltens beruht.

[0098] **Fig. 9** ist ein Prozessablaufdiagramm eines Verfahrens zum Trainieren eines Fahrzeugmodells gemäß einem Ausführungsbeispiel. Zum Beispiel kann das Prognosemodul **116** in einigen Ausführungsformen zusätzlich die Fahrzeugmodelle auf Grundlage empfangener Trainingsdaten generieren, aufbauen und verfeinern. Es versteht sich, dass die hierin erörterten veranschaulichenden Beispiele beispielhafter Natur sind und dass verschiedene Trainingsdaten und Fahrzeugmodelle umgesetzt werden können.

[0099] Bei Block **902** beinhaltet das Verfahren Empfangen von Trainingsdaten. Die Trainingsdaten beinhalten lebensechte Daten. Die lebensechten Daten können von der Datenbank **142** für lebensechtes Verhalten über das Netzwerk **140**, von entfernten Sensoren (z. B. Verkehrskamera, Sensoren im Fahrbahnbelag, Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Netzwerke, Luftbilddatensätze usw.) über das Netzwerk **140** und den Hostfahrzeugsensoren **136**, die das Verhalten eines Fahrzeuginsassen überwachen, empfangen werden. Zum Beispiel können die lebensechten Daten aus Luftbilddatensätzen von Autobahnfahrzeugen entnommen werden. Dies kann Durch-

suchen der Rohzeitverlaufsdaten und Identifizieren von Fahrzeugen, die von der Beschleunigungsspur auf die rechteste Hauptspur einfädelten, erfordern. Zeitverlaufsdaten für die einfädelnden Fahrzeuge und benachbarte Fahrzeuge können dann für eine nachfolgende Analyse isoliert werden. Die Fahrzeugbewegungsbahndaten beinhalten eine Anzahl von Variablen, die das Lokalisieren jedes einzelnen Fahrzeugs ermöglichen und dessen Größe und Kinematik ableiten. Beispiele für die Bewegungsbahndatenvariablen beinhalten individuelle Identifikationsnummer pro Fahrzeug, Zeitablauf, GPS-Position, Fahrzeugabmessungen, Geschwindigkeit, aktuelle Fahrspur und Identifikationsnummern von Fahrzeugen in der Umgebung.

[0100] Bei Block **904** beinhaltet das Verfahren Generieren eines Trainingsmodells. Das Trainingsmodell kann durch Entnehmen und Berechnen der möglichen Faktoren und Modellkoeffizienten aus den Trainingsdaten generiert werden.

[0101] Bei Block **906** wird bestimmt, ob das Trainingsmodul ausreichend Trainingsdaten aufweist, um das Modell zu generieren. Zum Beispiel kann bestimmt werden, ob die möglichen Faktoren und Modellkoeffizienten aus den empfangen Trainingsdaten berechnet werden konnten. Wenn nicht, kehrt das Verfahren zu Block **902** zurück, um Trainingsdaten erneut zu empfangen, um ein Trainingsmodell zu generieren. Falls die empfangenen Trainingsdaten ausreichend waren, wird das Verfahren bei Block **908** fortgesetzt.

[0102] Bei Block **908** wird ein Fahrzeugmodell auf Grundlage des Trainingsmodells generiert. Das Fahrzeugmodell kann sowohl eine Eingabe von dem Trainingsmodell als auch zusätzliche Trainingsmodelle oder das Verhalten des Fahrzeuginsassen beinhalten. Bei Block **910** wird die Genauigkeit des Fahrzeugmodells berechnet. Die Genauigkeit kann auf Grundlage des früheren Verhaltens des Fahrzeuginsassen, eines Vergleichs mit Echtzeit-Fahrzeugverhalten, zum Beispiel auf Hauptstraßen, berechnet werden.

[0103] Bei Block **912** wird, wenn das Fahrzeugmodell umgesetzt ist, bestimmt, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle vorhanden ist. Die Existenz der Lücke kann unter Verwendung der Hostfahrzeugsensoren **136** und der Sensoren **138** für benachbarte Fahrzeuge bestimmt werden. Falls eine Lücke erkannt wird, wird das Verfahren bei Block **914** fortgesetzt. Bei Block **914** beinhaltet das Verfahren Definieren der Genauigkeit des Fahrzeugmodells. Die Genauigkeit kann auf Grundlage der berechneten Genauigkeit und des Erfolgs des implementierten Fahrzeugmodells bei Block **912** definiert werden. Falls jedoch bei Block **912** keine Lücke erkannt wird, wird das Verfahren bei Block **916** fortgesetzt. Bei Block **916** empfängt das Verfahren zusätzliche Trainingsdaten. Die zusätzlichen Trainingsdaten werden verwendet, um das Fahrzeugmodell weiter zu verfeinern. Das Verfahren kehrt dann zu Block **908** zurück. Auf diese Weise kann das Fahrzeugmodell verfeinert werden, um die Genauigkeit zu verbessern, sodass das Fahrzeugmodell sich einem menschlichen Verhalten besser annähern kann.

[0104] Während das Einfädelverhalten in Bezug auf ein Fahrzeug auf einer Fahrspur einer Auffahrrampe beschrieben wurde, die in eine Hauptspur einmündet, versteht es sich, dass die Fahrzeugmodelle auch für ein Hostfahrzeug eingesetzt werden können, das sich in eine Fahrspur einer Ausfahrrampe einfädelt oder zwischen Hauptspuren.

[0105] **Fig. 10** ist ein Prozessablaufdiagramm eines Verfahrens zum Prognostizieren eines Einfädelverhaltens gemäß einem Verhaltensmodell, das ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug und ein Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug kombiniert. Das Verhaltensmodell wird in Bezug auf **Fig. 1** und **Fig. 4** beschrieben. Es versteht sich, dass die hierin erörterten veranschaulichenden Beispiele beispielhafter Natur sind und dass unterschiedliche Hostfahrzeuge, Fahrzeugmodelle und kinematische Parameter umgesetzt werden können.

[0106] Bei Block **1002** beinhaltet das Verfahren Bestimmen, ob ein vorausfahrendes Fahrzeug auf der Hauptspur **406** ist, das sich innerhalb des Sensorbereichs des Hostfahrzeugs und angrenzend an die Beschleunigungsspur **404** befindet. Zum Beispiel sei angenommen, dass das Hostfahrzeug das einfädelnde Fahrzeug **402** ist. Dementsprechend fährt das Fahrzeug **408** auf der Hauptspur dem einfädelnden Fahrzeug **402** voraus. Falls das Identifizierungsmodul **114** ein vorausfahrendes Fahrzeug erfasst und identifiziert, wie etwa das Fahrzeug **408** auf der Hauptspur, wird das Verfahren bei Block **1004** fortgesetzt. In einigen Ausführungsformen würde die Identifizierung eines vorausfahrenden Fahrzeugs das Fahrzeug **408** ausschließen, falls die Entfernung zum Fahrzeug **402** größer als ein Entfernungsschwellenwert ist. Der Entfernungsschwellenwert ist eine vorbestimmte Entfernung (z. B. **300** Fuß) von dem Hostfahrzeug zu einem benachbarten Fahrzeug.

[0107] Bei Block **1004** beinhaltet das Verfahren Berechnen eines ersten Einfädelfaktors gemäß einem Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug. Der Einfädelfaktor kann in ähnlicher Weise berechnet werden, wie in Bezug auf **Fig. 4** beschrieben wurde.

[0108] Bei Block **1006** beinhaltet das Verfahren, dass das Prognosemodul **116** bestimmt, ob der erste Einfädelfaktor einen ersten Einfädelschwellenwert überschreitet. Der erste Einfädelschwellenwert kann ein Wahrscheinlichkeitswert, wie etwa 0,5, sein. Falls der erste Einfädelfaktor den ersten Einfädelschwellenwert überschreitet, wird das Verfahren bei Block **1008** fortgesetzt.

[0109] Bei Block **1008** beinhaltet das Verfahren Auswählen einer ersten möglichen Einfädelstelle **410**. Die erste mögliche Einfädelstelle **410** ist eine Stelle, die vor dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur liegt.

[0110] Zurückkehrend zu Block **1006**, falls der erste Einfädelfaktor den ersten Einfädelschwellenwert nicht überschreitet, wird das Verfahren bei Block **1010** fortgesetzt.

[0111] Bei Block **1010** beinhaltet das Verfahren Bestimmen, ob ein nachfolgendes Fahrzeug auf der Hauptspur **406** ist, das sich innerhalb des Sensorbereichs und, in einigen Ausführungsformen, des Entfernungsschwellenwerts befindet. Ob ein Fahrzeug folgt, wird relativ zu dem einfädelnden Fahrzeug **402** bestimmt. Falls das Identifizierungsmodul **114** kein nachfolgendes Fahrzeug, wie etwa das nachfolgende Fahrzeug **416**, identifiziert, wird das Verfahren bei Block **1012** fortgesetzt.

[0112] Bei Block **1012** beinhaltet das Verfahren Auswählen einer zweiten möglichen Einfädelstelle **412**. Die zweite mögliche Einfädelstelle **412** ist eine Stelle, die hinter dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur liegt.

[0113] Zurückkehrend zu Block **1010**, falls das Identifizierungsmodul **114** ein nachfolgendes Fahrzeug, wie etwa das nachfolgende Fahrzeug **416**, identifiziert, wird das Verfahren bei Block **1014** fortgesetzt.

[0114] Bei Block **1014** beinhaltet das Verfahren Berechnen eines zweiten Einfädelfaktors gemäß einem Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug. Der zweite Einfädelfaktor kann in ähnlicher Weise berechnet werden, wie in Bezug auf **Fig. 4** beschrieben wurde.

[0115] Bei Block **1016** beinhaltet das Verfahren, dass das Prognosemodul **116** bestimmt, ob der zweite Einfädelfaktor einen zweiten Einfädelschwellenwert überschreitet. Wie beim ersten Einfädelschwellenwert, kann der zweite Einfädelschwellenwert ein Wahrscheinlichkeitswert sein. In einigen Ausführungsformen kann der zweite Einfädelschwellenwert der gleiche wie der erste Einfädelschwellenwert sein, zum Beispiel kann der zweite Einfädelschwellenwert 0,5 sein. Falls der zweite Einfädelfaktor den zweiten Einfädelschwellenwert überschreitet, wird das Verfahren bei Block **1018** fortgesetzt.

[0116] Bei Block **1018** beinhaltet das Verfahren Auswählen einer zweiten möglichen Einfädelstelle **412**. Da bei Block **1010** ein nachfolgendes Fahrzeug **416** identifiziert wurde, befindet sich die zweite mögliche Einfädelstelle **412** hinter dem Fahrzeug **408** auf der Hauptspur und ebenso vor dem nachfolgenden Fahrzeug **416**.

[0117] Zurückkehrend zu Block **1016**, falls der zweite Einfädelfaktor den zweiten Einfädelschwellenwert nicht überschreitet, wird das Verfahren bei Block **1020** fortgesetzt.

[0118] Bei Block **1020** beinhaltet das Verfahren Auswählen einer dritten möglichen Einfädelstelle **414**. Die dritte Einfädelstelle **414** befindet sich hinter dem nachfolgenden Fahrzeug **416**.

[0119] Zurückkehrend zu Block **1002** wurde bei Block **1002** bestimmt, ob ein vorausfahrendes Fahrzeug vorhanden ist. Falls kein vorausfahrendes Fahrzeug durch das Identifizierungsmodul **114** identifiziert wird, wird das Verfahren bei Block **1022** fortgesetzt.

[0120] Bei Block **1022** beinhaltet das Verfahren Bestimmen, ob ein nachfolgendes Fahrzeug auf der Hauptspur **406** ist, das sich innerhalb des Sensorbereichs des Hostfahrzeugs und, in einigen Ausführungsformen, eines Entfernungsschwellenwerts zum Hostfahrzeug befindet. Ob ein Fahrzeug nachfolgt, wird wiederum relativ zu dem einfädelnden Fahrzeug **402** bestimmt. Falls das Identifizierungsmodul **114** kein nachfolgendes Fahrzeug, wie etwa das nachfolgende Fahrzeug **416**, identifiziert, wird das Verfahren bei Block **1024** fortgesetzt.

[0121] Bei Block **1024** beinhaltet das Verfahren Bestimmen, dass die mögliche Einfädelstelle uneingeschränkt ist. Ein uneingeschränktes Einfädeln erfolgt, wenn keine Fahrzeuge auf der Hauptspur **406** innerhalb des Sensorbereichs des Fahrzeugs **402** und, in einigen Ausführungsformen, eines möglichen Entfernungsschwellenwerts (z. B. **300** Fuß) zum Fahrzeug **402** vorhanden sind. Dementsprechend kann sich das einfädelnde Fahrzeug **402** von dem einfädelnden Fahrzeug **404** zu der Hauptspur bewegen, ohne ein benachbartes Fahrzeug zu behindern oder durch dieses behindert zu werden. Dementsprechend kann das Prognosemodul **116** eine

beliebige Einfädelstelle auswählen. Außerdem müssen eine Lücke und eine entsprechende Länge der Lücke nicht identifiziert oder berechnet werden, bevor ein Einfädelmanöver eingeleitet wird. Dementsprechend kann das Einfädelmodul **120** des einfädelnden Fahrzeugs **402** als Reaktion darauf, dass das Prognosemodul **116** ein uneingeschränktes Einfädeln prognostiziert, gestartet werden, um ein Einfädelmanöver einzuleiten.

[0122] Zurückkehrend zu Block **1022**, falls das Identifizierungsmodul **114** ein nachfolgendes Fahrzeug, wie etwa das nachfolgende Fahrzeug **416**, identifiziert, wird das Verfahren bei Block **1026** fortgesetzt.

[0123] Bei Block **1026** beinhaltet das Verfahren Berechnen eines dritten Einfädelfaktors gemäß einem Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug. Der dritte Einfädelfaktor kann in ähnlicher Weise berechnet werden, wie in Bezug auf **Fig. 4** beschrieben wurde.

[0124] Bei Block **1028** beinhaltet das Verfahren, dass das Prognosemodul **116** bestimmt, ob der dritte Einfädelfaktor einen dritten Einfädelschwellenwert überschreitet. Wie beim ersten Einfädelschwellenwert und zweiten Einfädelschwellenwert kann der dritte Einfädelschwellenwert ein Wahrscheinlichkeitswert sein. In einigen Ausführungsformen kann der dritte Einfädelschwellenwert der gleiche wie der erste Einfädelschwellenwert und/oder der zweite Einfädelschwellenwert sein, zum Beispiel kann der dritte Einfädelschwellenwert 0,5 sein. Falls der dritte Einfädelfaktor den dritten Einfädelschwellenwert überschreitet, wird das Verfahren bei Block **1030** fortgesetzt.

[0125] Bei Block **1030** beinhaltet das Verfahren Auswählen der zweiten möglichen Einfädelstelle **412**. Da bei Block **1002** kein vorausfahrendes Fahrzeug identifiziert, aber ein nachfolgendes Fahrzeug **416** bei Block **1010** identifiziert wurde, befindet sich die zweite mögliche Einfädelstelle **412** vor dem nachfolgenden Fahrzeug **416**. Zurückkehrend zu Block **1028**, falls der dritte Einfädelfaktor den dritten Einfädelschwellenwert nicht überschreitet, wird das Verfahren bei Block **1032** fortgesetzt.

[0126] Bei Block **1032** beinhaltet das Verfahren Auswählen einer dritten möglichen Einfädelstelle **414**. Die dritte Einfädelstelle **414** befindet sich hinter dem nachfolgenden Fahrzeug **416**.

[0127] **Fig. 10** beschreibt ein Verhaltensmodell, das sowohl ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug als auch ein Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug verwendet. Hierbei wird das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug zuerst angewendet und wird das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug nachfolgend integriert. Jedoch kann in einer anderen Ausführungsform das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug zuerst auf die benachbarten Fahrzeuge angewendet werden und kann das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug anschließend auf die benachbarten Fahrzeuge angewendet werden. Somit können das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug und das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug einzeln oder in Kombination verwendet werden, um ein Hostfahrzeug beim Einleiten und sogar beim Abschließen von Einfädelmanövern zu unterstützen.

[0128] Obwohl der Gegenstand in für Strukturmerkmale oder methodische Handlungen spezifischer Sprache beschrieben wurde, versteht es sich, dass der Gegenstand der beigefügten Patentansprüche nicht notwendigerweise auf die vorstehend beschriebenen Merkmale oder Handlungen beschränkt ist. Vielmehr werden die oben beschriebenen spezifischen Merkmale und Handlungen als beispielhafte Ausführungsformen offenbart.

[0129] Verschiedene Funktionen von Ausführungsformen werden hierin bereitgestellt. Die Reihenfolge, in der eine oder mehrere oder alle der Funktionen beschrieben sind, sollte nicht so ausgelegt werden, dass impliziert wird, dass diese Funktionen notwendigerweise von der Reihenfolge abhängen. Eine alternative Reihenfolge ist auf Grundlage dieser Beschreibung anzuerkennen. Ferner müssen nicht alle Funktionen notwendigerweise in jeder hierin bereitgestellten Ausführungsform vorhanden sein. Wie in dieser Anmeldung verwendet, soll „oder“ ein einschließendes „oder“ anstatt eines ausschließenden „oder“ bedeuten. Ferner kann ein einschließendes „oder“ eine beliebige Kombination beinhalten (z. B. A, B oder eine beliebige Kombination davon). Zusätzlich sind „ein“ und „eine“ in dieser Anmeldung allgemein so zu verstehen, dass sie „eines oder mehrere“ bedeuten, es sei denn, es ist anders festgelegt oder aus dem Kontext ersichtlich, dass es auf eine Singularform gerichtet ist. Zusätzlich bedeutet mindestens eines von A und B und/oder dergleichen allgemein A oder B oder sowohl A als auch B. Ferner sind, soweit „einschließt“, „aufweisend“, „aufweist“, „mit“ oder Varianten davon entweder in der detaillierten Beschreibung oder den Ansprüchen verwendet werden, diese Begriffe dazu gedacht, in einer Weise ähnlich zu dem Begriff „umfassend“ einschließend zu sein.

[0130] Wenn nichts anderes festgelegt ist, sind „erste“, „zweite“ oder dergleichen ferner nicht dazu gedacht, einen zeitlichen Aspekt, einen räumlichen Aspekt, eine Reihenfolge usw. zu implizieren. Stattdessen werden diese Begriffe lediglich als Kennungen, Namen usw. für Merkmale, Elemente, Gegenstände usw. verwendet.

Zum Beispiel entsprechen ein erster Kanal und ein zweiter Kanal allgemein einem Kanal A und einem Kanal B oder zwei unterschiedlichen oder zwei identischen Kanälen oder dem gleichen Kanal. Zusätzlich bedeuten „umfassend“, „umfasst“, „beinhaltend“, „beinhaltet“ oder dergleichen allgemein umfassend oder beinhaltend, aber nicht darauf beschränkt.

[0131] Es ist anzuerkennen, dass verschiedene der oben offenbarten und anderer Merkmale und Funktionen oder Alternativen oder Varianten davon nach Wunsch zu vielen anderen unterschiedlichen Systemen oder Anwendungen kombiniert werden können. Auch diese verschiedenen derzeit unvorhergesehenen und unerwarteten Alternativen, Modifikationen, Variationen oder Verbesserungen können später von einem Fachmann vorgenommen werden, wobei diese auch durch die nachfolgenden Patentansprüche eingeschlossen sein sollen.

[0132] Ein Einfädelverhaltenssystem unterstützt ein Hostfahrzeug, das sich auf einer Beschleunigungsspur befindet, die angrenzend an eine Hauptspur ist. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ein Identifizierungsmodul, das mindestens ein benachbartes Fahrzeug, falls vorhanden, auf der Hauptspur identifiziert. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet zudem ein Prognosemodul, das ein oder mehrere Modelle auf Grundlage des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs auswählt, einen oder mehrere Einfädelfaktoren entsprechend dem einen oder den mehreren Modellen berechnet und eine Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren prognostiziert. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ferner ein Steuermodul, das einen kinematischen Parameter des Hostfahrzeugs einstellt, um das Hostfahrzeug in eine Einfädelentfernung zur prognostizierten Einfädelstelle zu bringen. Das Einfädelverhaltenssystem beinhaltet ein Einfädelmodul, das bestimmt, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle für das Hostfahrzeug ausreichend groß ist.

Patentansprüche

1. Einfädelverhaltenssystem zum Unterstützen eines Hostfahrzeugs, das sich auf einer Beschleunigungsspur befindet, die angrenzend an eine Hauptspur ist, wobei das Einfädelverhaltenssystem Folgendes umfasst:
ein Identifizierungsmodul, das dazu konfiguriert ist, mindestens ein benachbartes Fahrzeug auf der Hauptspur zu identifizieren;
ein Prognosemodul, das für Folgendes konfiguriert ist:
Auswählen eines oder mehrerer Modelle auf Grundlage des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs,
Berechnen eines oder mehrerer Einfädelfaktoren entsprechend dem einen oder den mehreren Modellen, und
Prognostizieren einer Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der
mehreren Einfädelfaktoren; und
ein Einfädelmodul, das dazu konfiguriert ist zu bestimmen, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle für das Hostfahrzeug ausreichend groß ist, und als Reaktion auf Bestimmen, dass die Lücke die ausreichende Größe aufweist, ein Einfädelmanöver einzuleiten.

2. Einfädelverhaltenssystem nach Anspruch 1, wobei das eine oder die mehreren Modelle auf lebensechten Datensätzen, die Resultate menschlichen Verhaltens annähern, beruhen.

3. Einfädelverhaltenssystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Modell des einen oder der mehreren Modelle auf Grundlage einer relativen Position des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs zu dem Hostfahrzeug ausgewählt wird.

4. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Prognosemodul ferner dazu konfiguriert ist, den einen oder die mehreren Einfädelfaktoren mit mindestens einem Schwellenwert zu vergleichen, und wobei die prognostizierte Einfädelstelle auf dem Vergleich beruht.

5. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das mindestens eine benachbarte Fahrzeug ein erstes Fahrzeug und ein zweites Fahrzeug beinhaltet, und wobei das Prognosemodul ein erstes Modell, das dem ersten Fahrzeug entspricht, und ein sich von dem ersten Modell unterscheidendes zweites Modell, das dem zweiten Fahrzeug entspricht, auswählt.

6. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das mindestens eine benachbarte Fahrzeug ein vorausfahrendes Fahrzeug ist, ein Modell des einen oder der mehreren Modelle ein Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug ist, und wobei das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug zumindest teilweise auf einer vorangehenden Lückenlänge zwischen dem Hostfahrzeug und dem vorausfahrenden Fahrzeug, einer Hostfahrzeuggeschwindigkeit und einer relativen Vorausfahrgeschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs relativ zu dem Hostfahrzeug beruht.

7. Einfädelverhaltenssystem nach Anspruch 6, wobei das Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug eine Variable eines nachfolgenden Fahrzeugs enthält, die einen Binärwert aufweist, auf Grundlage dessen, dass das mindestens eine benachbarte Fahrzeug ferner ein nachfolgendes Fahrzeug auf der Hauptspur beinhaltet.

8. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das mindestens eine benachbarte Fahrzeug ein nachfolgendes Fahrzeug ist, ein Modell des einen oder der mehreren Modelle ein Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug ist, und wobei das Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug zumindest teilweise auf einer nachfolgenden Lückenlänge zwischen dem Hostfahrzeug und dem nachfolgenden Fahrzeug, einer Hostfahrzeuggeschwindigkeit und einer relativen Folgegeschwindigkeit des nachfolgenden Fahrzeugs relativ zu dem Hostfahrzeug beruht.

9. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, ferner umfassend ein Steuermodul, das dazu konfiguriert ist, einen kinematischen Parameter des Hostfahrzeugs einzustellen, um das Hostfahrzeug in eine Einfädelentfernung zur prognostizierten Einfädelstelle zu bringen.

10. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Einfädelmodul das Einfädelmanöver mit einem fortschrittlichen Fahrerassistenzsystem einleitet.

11. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei als Reaktion auf Bestimmen, dass die Lücke keine ausreichende Größe aufweist, das Prognosemodul gestartet wird, um eine aktualisierte Einfädelstelle zu prognostizieren.

12. Einfädelverhaltenssystem zum Unterstützen eines Hostfahrzeugs, das sich auf einer Beschleunigungsspur befindet, die angrenzend an eine Hauptspur ist, wobei das Einfädelverhaltenssystem Folgendes umfasst:
ein Identifizierungsmodul, das dazu konfiguriert ist, mindestens ein benachbartes Fahrzeug auf der Hauptspur zu identifizieren;
ein Prognosemodul, das zu Folgendem konfiguriert ist:
Auswählen eines oder mehrerer Modelle auf Grundlage einer relativen Position des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs zu dem Hostfahrzeug, und
Prognostizieren einer Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der mehreren Modelle, wobei sich die Einfädelstelle vor oder hinter dem
mindestens einen benachbarten Fahrzeug befindet;
ein Steuermodul, das dazu konfiguriert ist, einen kinematischen Parameter des Hostfahrzeugs einzustellen, um das Hostfahrzeug in eine Einfädelentfernung zur prognostizierten Einfädelstelle zu bringen; und
ein Einfädelmodul, das dazu konfiguriert ist, zu bestimmen, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle für das Hostfahrzeug ausreichend groß ist, und als Reaktion auf Bestimmen, dass die Lücke eine ausreichende Größe aufweist, ein Einfädelmanöver einzuleiten.

13. Einfädelverhaltenssystem nach Anspruch 12, wobei das eine oder die mehreren Modelle lebensechte Datensätze, die Resultate menschlichen Verhaltens annähern, enthalten.

14. Einfädelverhaltenssystem nach Anspruch 12 oder 13, wobei das mindestens eine benachbarte Fahrzeug ein erstes Fahrzeug und ein zweites Fahrzeug beinhaltet, und wobei das Prognosemodul ein erstes Modell, das dem ersten Fahrzeug entspricht, und ein sich von dem ersten Modell unterscheidendes zweites Modell, das dem zweiten Fahrzeug entspricht, auswählt.

15. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei der kinematische Parameter eine Geschwindigkeit des Hostfahrzeugs ist.

16. Einfädelverhaltenssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei als Reaktion auf Bestimmen, dass die Lücke keine ausreichende Größe aufweist, das Prognosemodul gestartet wird, um eine aktualisierte Einfädelstelle zu prognostizieren.

17. Einfädelverhaltensverfahren zum Unterstützen eines Hostfahrzeugs, das sich auf einer Beschleunigungsspur befindet, die angrenzend an eine Hauptspur ist, wobei das Einfädelverhaltensverfahren Folgendes umfasst:
Identifizieren mindestens eines benachbarten Fahrzeugs auf der Hauptspur,
Auswählen eines oder mehrerer Modelle auf Grundlage des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs,
Berechnen eines oder mehrerer Einfädelfaktoren entsprechend dem einen oder den mehreren Modellen, und
Prognostizieren einer Einfädelstelle auf Grundlage des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren;

Einstellen eines kinematischen Parameters des Hostfahrzeugs, um das Hostfahrzeug in eine Einfädelentfernung zur prognostizierten Einfädelstelle zu bringen;
Bestimmen, ob eine Lücke an der prognostizierten Einfädelstelle für das Hostfahrzeug ausreichend groß ist, und
Einleiten eines Einfädelmanövers als Reaktion auf das Bestimmen, dass die Lücke eine ausreichende Größe aufweist.

18. Einfädelverhaltensverfahren nach Anspruch 17, wobei das eine oder die mehreren Modelle auf lebensechten Datensätzen, die Resultate menschlichen Verhaltens annähern, beruhen.

19. Einfädelverhaltensverfahren nach Anspruch 17 oder 18, wobei ein Modell des einen oder der mehreren Modelle auf Grundlage einer relativen Position des mindestens einen benachbarten Fahrzeugs zu dem Hostfahrzeug ausgewählt wird.

20. Einfädelverhaltensverfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, ferner umfassend Vergleichen des einen oder der mehreren Einfädelfaktoren mit mindestens einem Schwellenwert, und wobei die prognostizierte Einfädelstelle auf dem Vergleich beruht.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

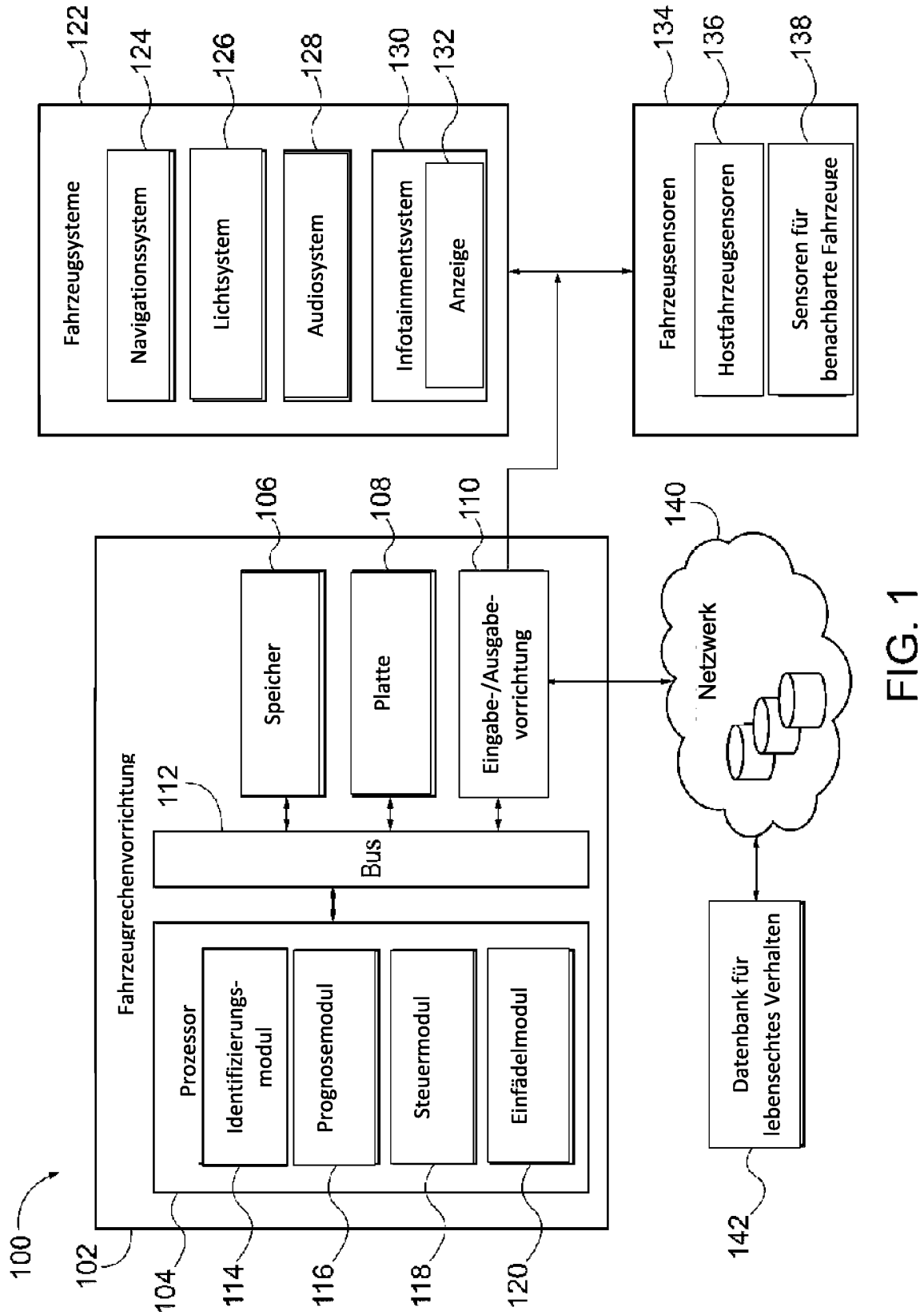


FIG. 1

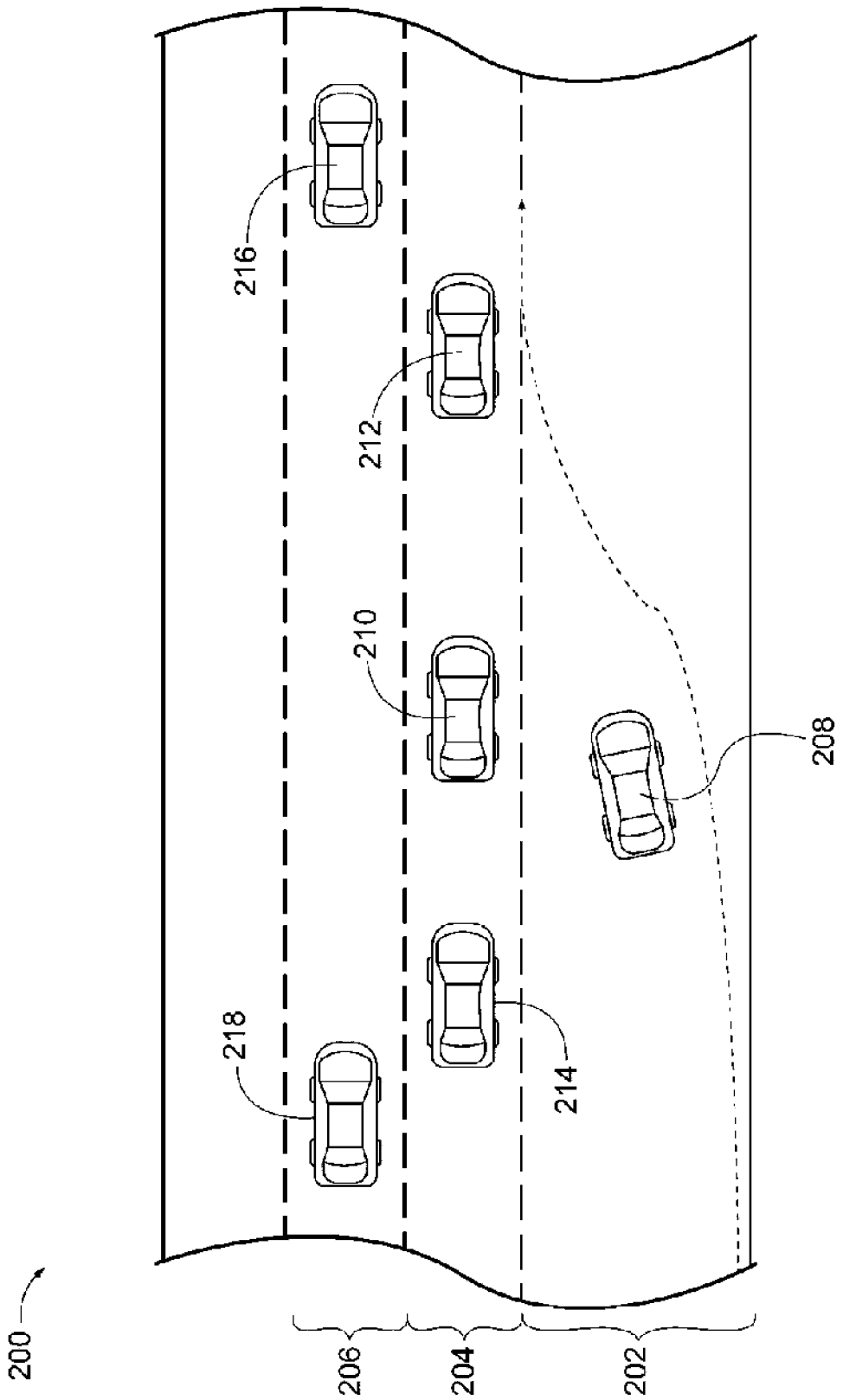


FIG. 2

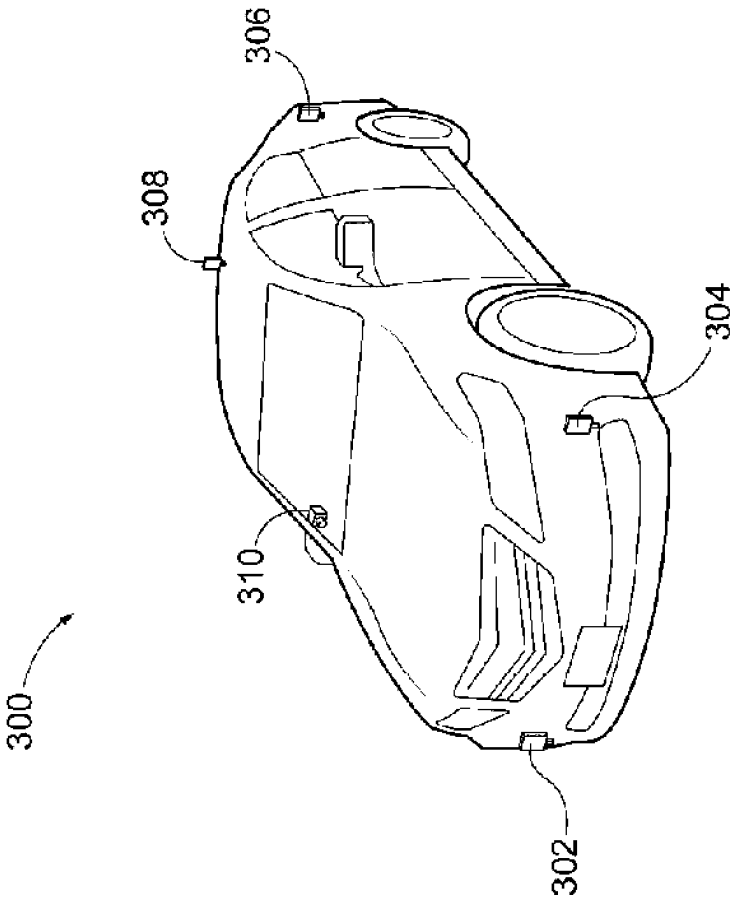


FIG. 3

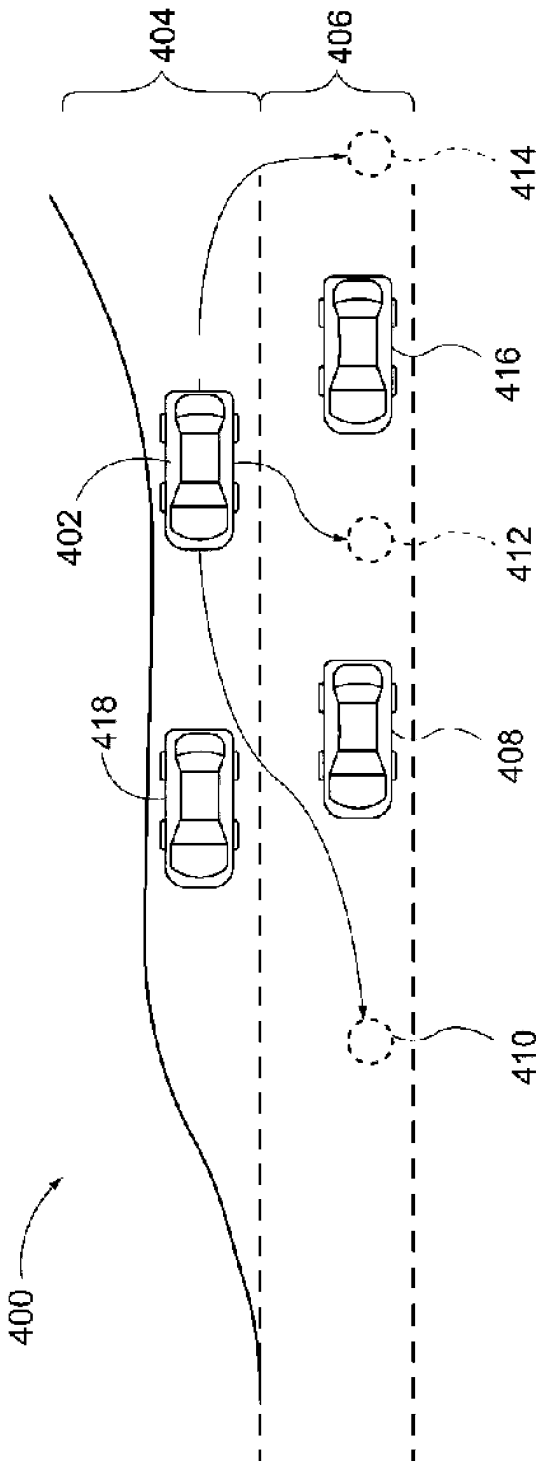


FIG. 4

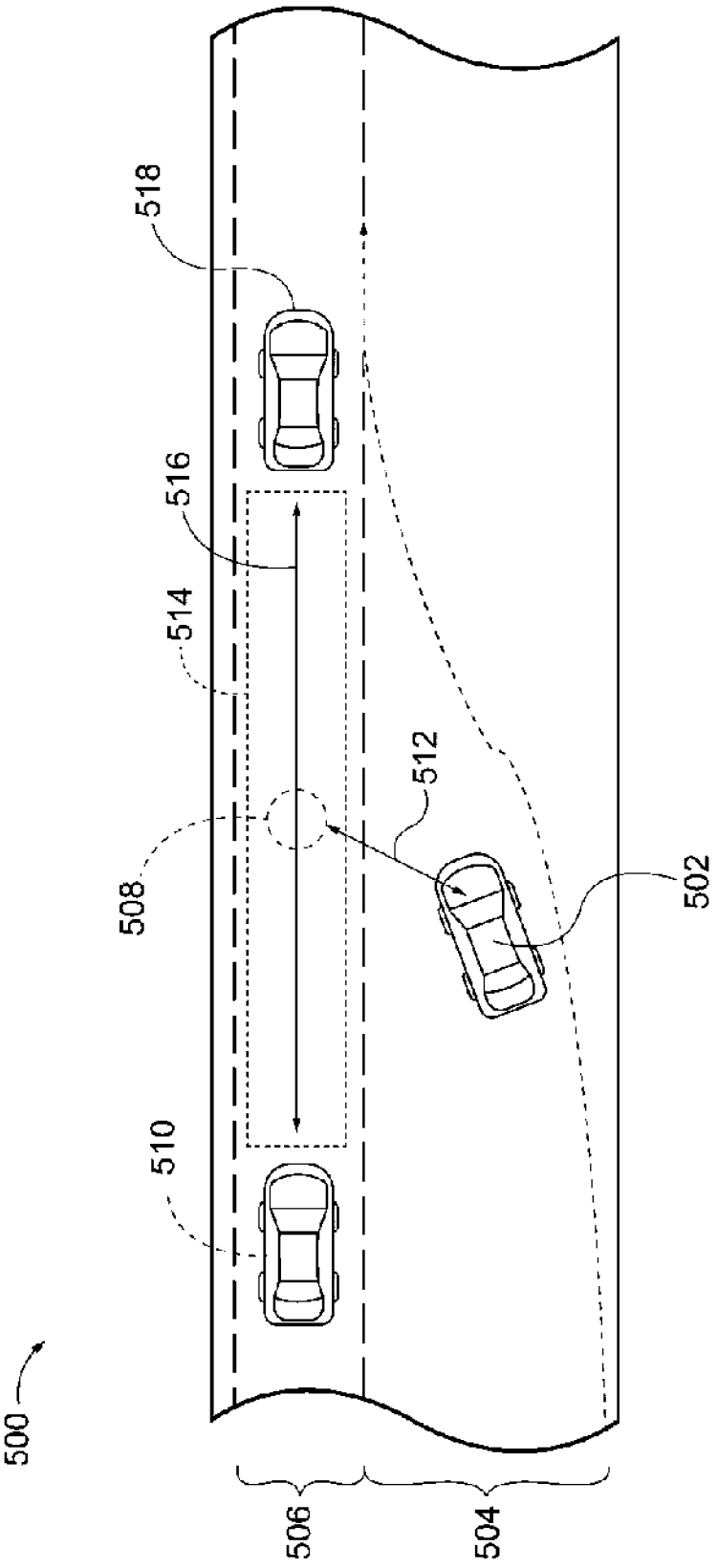


FIG. 5

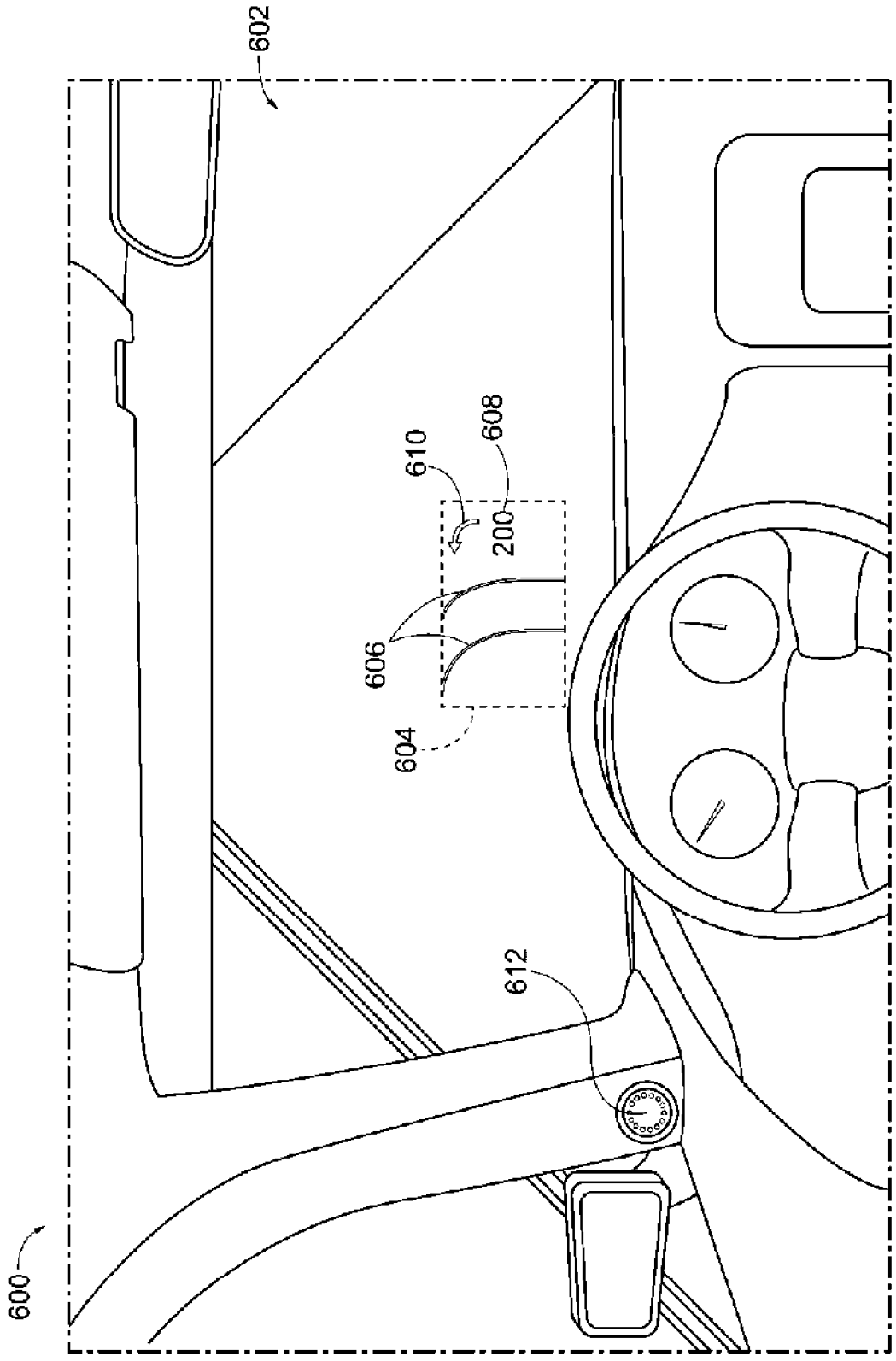


FIG. 6

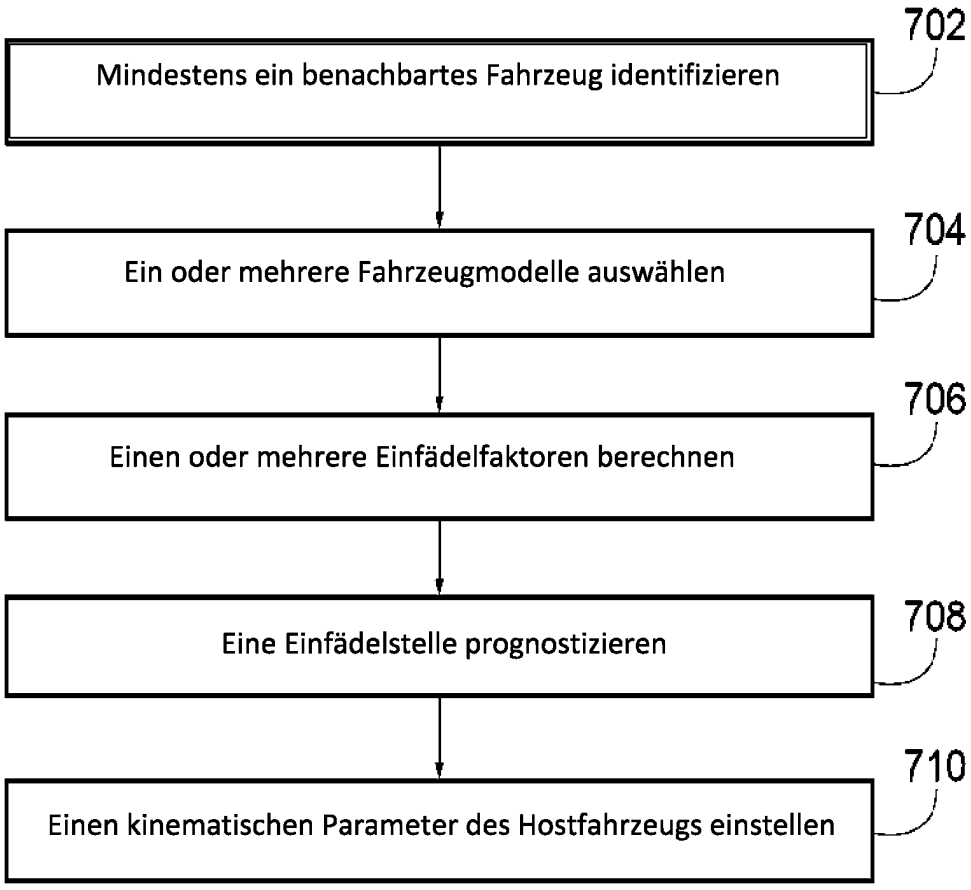

Mindestens ein benachbartes Fahrzeug identifizieren
702
Ein oder mehrere Fahrzeugmodelle auswählen
704
Einen oder mehrere Einfädelfaktoren berechnen
706
Eine Einfädelstelle prognostizieren
708
Einen kinematischen Parameter des Hostfahrzeugs einstellen
710

FIG. 7

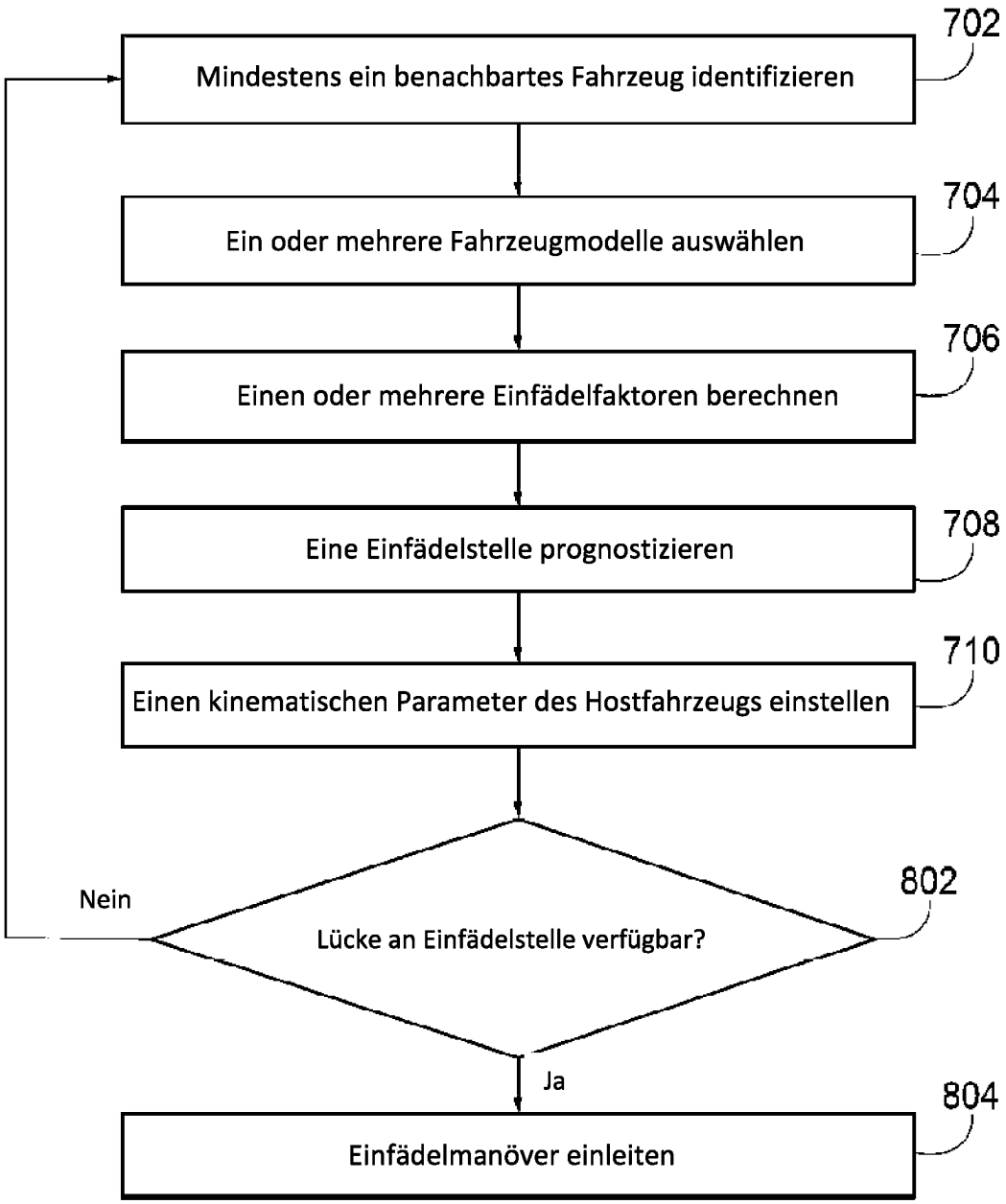

Mindestens ein benachbartes Fahrzeug identifizieren
702
Ein oder mehrere Fahrzeugmodelle auswählen
704
Einen oder mehrere Einfädelfaktoren berechnen
706
Eine Einfädelstelle prognostizieren
708
Einen kinematischen Parameter des Hostfahrzeugs einstellen
710
Lücke an Einfädelstelle verfügbar?
802
Nein
Ja
Einfädelmanöver einleiten
804

FIG. 8

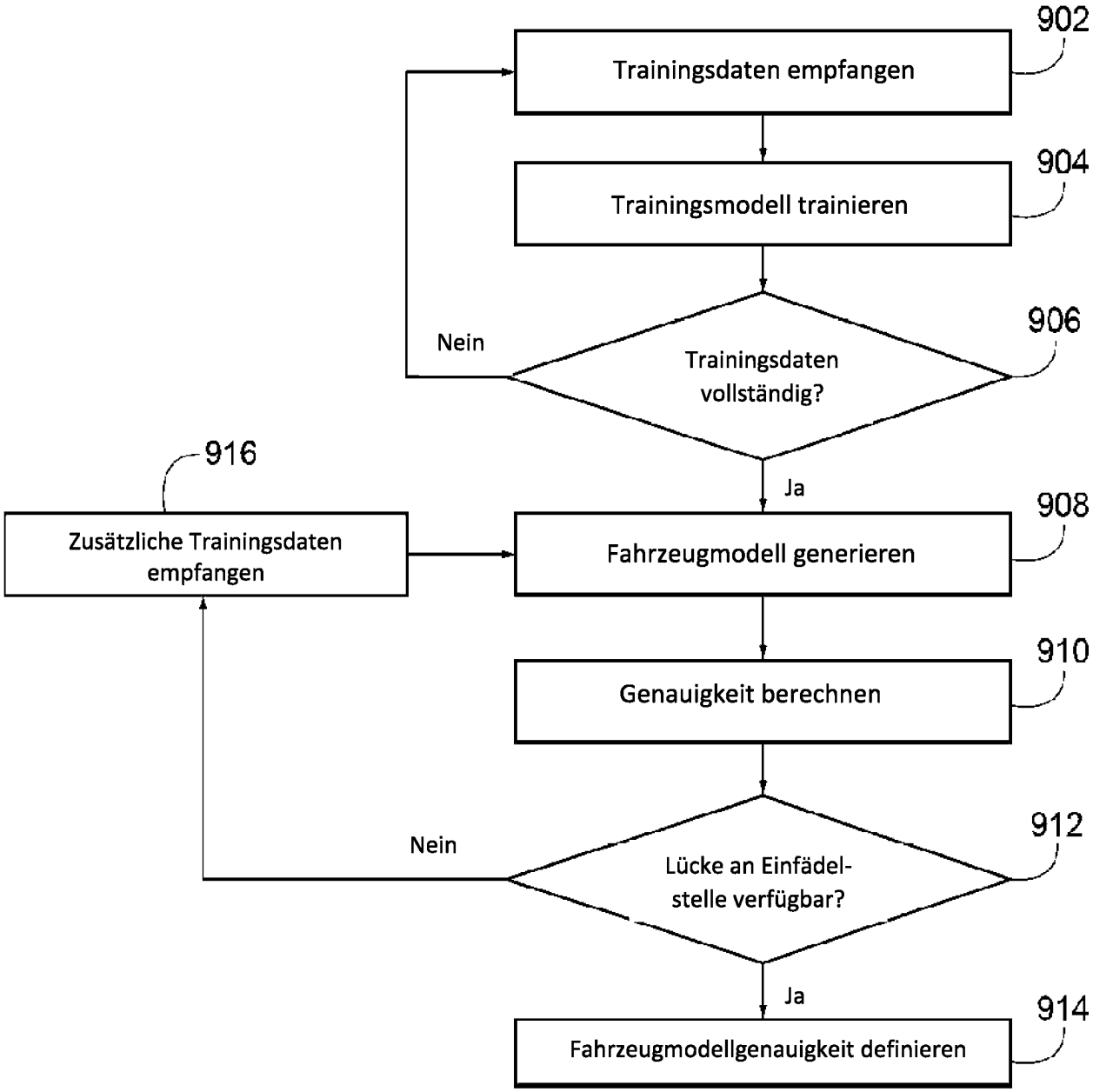

902
Trainingsdaten empfangen
904
Trainingsmodell trainieren
906
Trainingsdaten vollständig?
Nein
Ja
916
Zusätzliche Trainingsdaten empfangen
908
Fahrzeugmodell generieren
910
Genauigkeit berechnen
912
Lücke an Einfädel-stelle verfügbar?
Nein
Ja
914
Fahrzeugmodellgenauigkeit definieren

FIG. 9

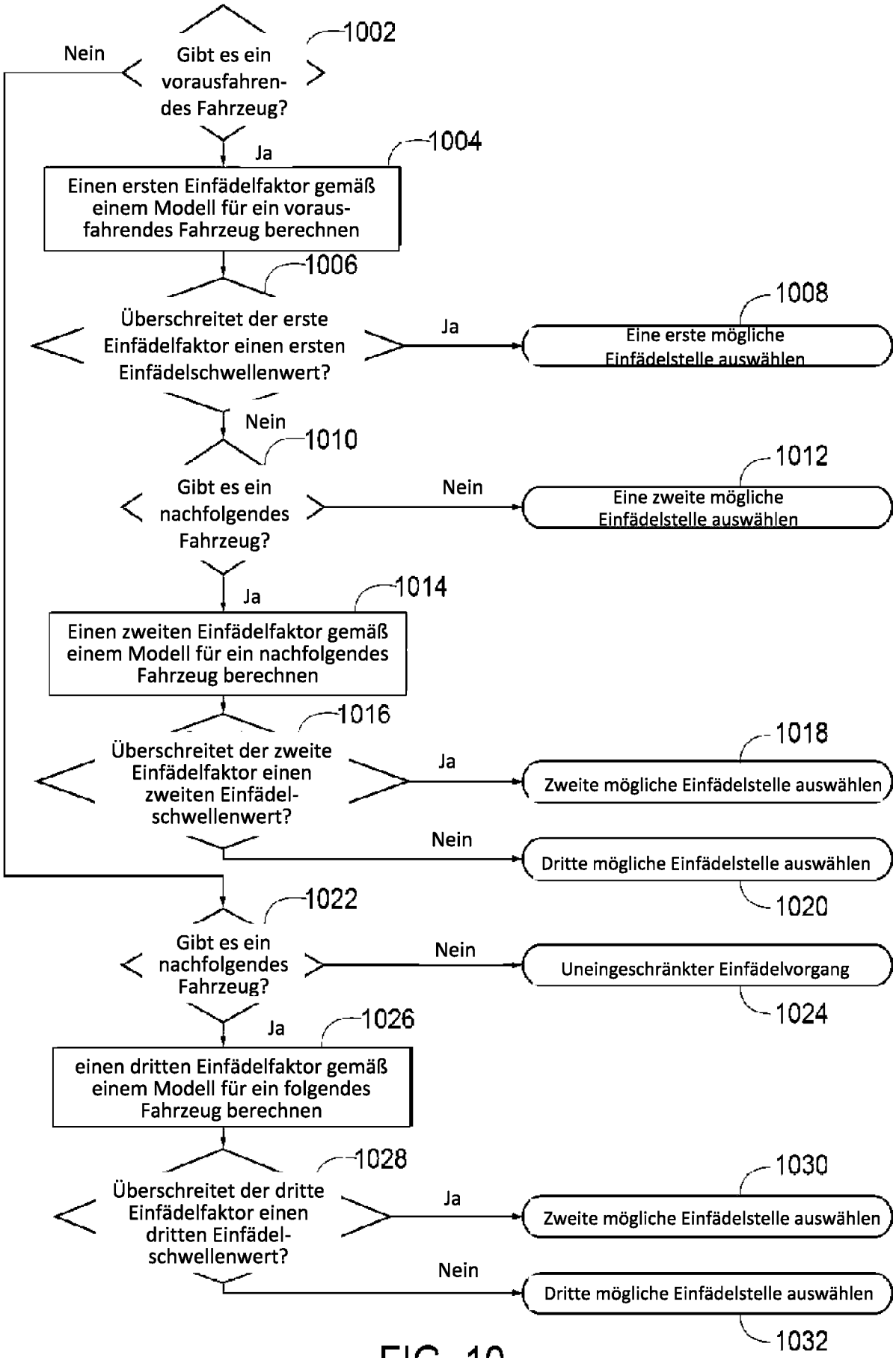

1002
Gibt es ein vorausfahrendes Fahrzeug?
Nein
Ja
1004
Einen ersten Einfädelfaktor gemäß einem Modell für ein vorausfahrendes Fahrzeug berechnen
1006
Überschreitet der erste Einfädelfaktor einen ersten Einfädelschwellenwert?
Ja
1008
Eine erste mögliche Einfädelstelle auswählen
Nein
1010
Gibt es ein nachfolgendes Fahrzeug?
Nein
1012
Eine zweite mögliche Einfädelstelle auswählen
Ja
1014
Einen zweiten Einfädelfaktor gemäß einem Modell für ein nachfolgendes Fahrzeug berechnen
1016
Überschreitet der zweite Einfädelfaktor einen zweiten Einfädelschwellenwert?
Ja
1018
Zweite mögliche Einfädelstelle auswählen
Nein
Dritte mögliche Einfädelstelle auswählen
1020
1022
Gibt es ein nachfolgendes Fahrzeug?
Nein
Uneingeschränkter Einfädelvorgang
1024
Ja
1026
einen dritten Einfädelfaktor gemäß einem Modell für ein folgendes Fahrzeug berechnen
1028
Überschreitet der dritte Einfädelfaktor einen dritten Einfädelschwellenwert?
Ja
1030
Zweite mögliche Einfädelstelle auswählen
Nein
Dritte mögliche Einfädelstelle auswählen
1032

FIG. 10