



(10) **DE 10 2020 120 222 A1** 2022.02.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 120 222.9**

(22) Anmeldetag: **31.07.2020**

(43) Offenlegungstag: **03.02.2022**

(51) Int Cl.: **B60W 30/12 (2020.01)**

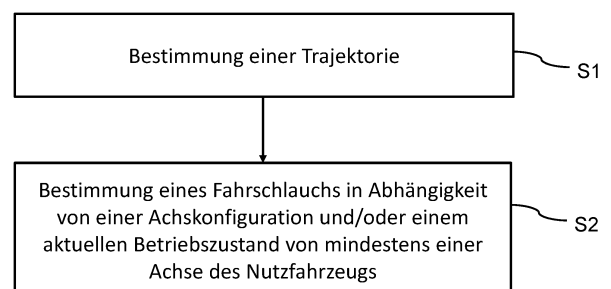
<p>(71) Anmelder: MAN Truck & Bus SE, 80995 München, DE</p> <p>(74) Vertreter: v. Bezold & Partner Patentanwälte - PartG mbB, 80799 München, DE</p> <p>(72) Erfinder: Braun, Reimar, 80995 München, DE</p> <p>(56) Ermittelte Stand der Technik:</p> <table><tr><td>DE</td><td>10 2005 002 504</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>10 2008 036 009</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>10 2012 004 791</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>10 2014 226 764</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>10 2016 007 676</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>10 2016 117 438</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>10 2016 216 335</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>10 2018 116 935</td><td>A1</td></tr><tr><td>DE</td><td>10 2018 220 167</td><td>A1</td></tr></table>	DE	10 2005 002 504	A1	DE	10 2008 036 009	A1	DE	10 2012 004 791	A1	DE	10 2014 226 764	A1	DE	10 2016 007 676	A1	DE	10 2016 117 438	A1	DE	10 2016 216 335	A1	DE	10 2018 116 935	A1	DE	10 2018 220 167	A1	<p>APPEL, Wolfgang [u.a.]; HOEPKE, Erich ; BREUER, Stefan (Hrsg.): Kapitel 4.2. - Anhängerschaft. In: Nutzfahrzeugtechnik : Grundlagen, Systeme, Komponenten. 7., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2013 (ATZ/MTZ-Fachbuch). S. 220-259. - ISBN 978-3- 8348-1795-2.</p>
DE	10 2005 002 504	A1																										
DE	10 2008 036 009	A1																										
DE	10 2012 004 791	A1																										
DE	10 2014 226 764	A1																										
DE	10 2016 007 676	A1																										
DE	10 2016 117 438	A1																										
DE	10 2016 216 335	A1																										
DE	10 2018 116 935	A1																										
DE	10 2018 220 167	A1																										

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Fahrerassistenzsystem zur Bestimmung eines Fahrschlauchs eines Nutzfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Fahrerassistenzsystem zur Bestimmung eines Fahrschlauchs eines Nutzfahrzeugs. Das Verfahren zur Bestimmung eines Fahrschlauchs eines Nutzfahrzeugs (2) umfasst die Bestimmung (S1) einer zukünftigen Fahrzeugtrajektorie (2) und die Bestimmung (S2) eines Fahrschlauchs (3) in Abhängigkeit von der zukünftigen Fahrzeugtrajektorie (2). Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass der Fahrschlauch (3) in Abhängigkeit von einer Achskonfiguration (4) und/oder einem aktuellen Betriebszustand von mindestens einer Achse des Nutzfahrzeugs (1) bestimmt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Fahrerassistenzsystem zur Bestimmung eines Fahrschlauchs eines Nutzfahrzeugs.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Fahrerassistenzsysteme bekannt, die den Fahrer bei der Führung des Fahrzeugs unterstützen und/oder vor akuten Gefahren warnen, automatisch Maßnahmen zur Abwendung einer Kollisionsgefahr einleiten oder Sicherheitssysteme zur Vorbereitung auf die Kollision aktivieren. Hierbei sind insbesondere Fahrerassistenzsysteme bekannt, die den voraussichtlichen Kurs des eigenen Fahrzeugs und ferner einen Fahrschlauch des Fahrzeugs prädizieren. Die Fahrschlauchprädiktion dient beispielsweise dazu, um ein potentiell Kollisionsobjekt zu erfassen. Der Fahrschlauch wird zum Beispiel durch ein geometrisches Objekt repräsentiert, das durch eine der Trajektorie des Fahrzeugs entsprechende Mittellinie und eine bestimmte Fahrschlauchbreite definiert ist. Die Auswahl eines Zielobjektes erfolgt dann unter der Prämisse, dass nur Fahrzeuge innerhalb des Fahrschlauches für die Abstands- bzw. Geschwindigkeitsregelung relevant sind.

[0003] Das Dokument DE 10 2008 036 009 A1 offenbart beispielsweise ein Verfahren zum Kollisionsschutz eines Fahrzeugs, wobei das Umfeld des Fahrzeugs durch Sensorik wahrgenommen wird und abhängig von einer Fahrzeugeigenbewegung eine Kollisionswahrscheinlichkeit mit in der Umgebung befindlichen Objekten bestimmt wird. Aus der Fahrzeugeigenbewegung wird hierbei eine Fahrzeugtrajektorie prädiziert und ausgehend davon ein Fahrschlauch abgeleitet und dem Fahrer zum Befahren einer kollisionsfreien Bahn des Fahrzeugs dargestellt. Ferner ist das Bestimmen derartiger Fahrschläuche auch zur Unterstützung von Rangier- und Parkvorgängen bekannt.

[0004] Das Dokument DE 10 2012 004 791 A1 offenbart ein Verfahren, bei dem ein in Fahrtrichtung des eigenen Kraftfahrzeugs gerichteter virtueller Fahrschlauch bestimmt wird und mittels einer Umfeldsensorik ein etwaiges auf der Gegenverkehrsfahrspur fahrendes Gegenverkehrsfahrzeug ermittelt wird und eine Überprüfung erfolgt, ob das Gegenverkehrsfahrzeug in den virtuellen Fahrschlauch eindringen wird oder eingedrungen ist.

[0005] Das Dokument DE 10 2005 002 504 A1 offenbart eine Fahrschlauchprädiktion, die dazu dient, ob ein erfasstes Objekt als Zielobjekt für die Abstandsregelung auszuwählen ist oder ob dieses Objekt ein irrelevantes Objekt, beispielsweise ein Fahrzeug auf einer Nebenspur, ist.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die bekannten Ansätze zur Bestimmung eines Fahrschlauches zu verbessern, um für die Anwendung bei Nutzfahrzeugen eine genauere Bestimmung des Fahrschlauches zu ermöglichen.

[0007] Diese Aufgaben werden durch Verfahren und Vorrichtungen mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung angegeben.

[0008] Ein erster allgemeiner Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Fahrschlauches eines Nutzfahrzeugs, bei dem eine zukünftige Fahrzeugtrajektorie des Nutzfahrzeugs und ferner ein Fahrschlauch in Abhängigkeit von der zukünftigen Fahrzeugtrajektorie bestimmt werden. Es wird somit eine Art virtueller Korridor ermittelt, der dem Fahrschlauch entspricht und der sich aus der momentanen Fahrtrichtung bzw. dem vorhergesagten Fahrweg des Fahrzeugs ergibt. Der Fahrschlauch gibt den prädizierten Fahrverlauf des eigenen Fahrzeugs wieder. Es wird über diesen Fahrschlauch also prädiziert, wie das eigene Fahrzeug beispielsweise innerhalb der nächsten Sekunden weiterfahren wird und welcher Platzbedarf hierbei benötigt wird. Ansätze zur Bestimmung einer zukünftigen Fahrzeugtrajektorie und daraus abgeleitet eines Fahrschlauches sind an sich aus dem Stand der Technik bekannt, auf die vorliegend zurückgegriffen werden kann. Lediglich beispielhaft kann der Fahrschlauch durch ein geometrisches Objekt repräsentiert werden, das durch eine der Trajektorie des Fahrzeugs entsprechende Mittellinie und eine bestimmte Fahrschlauchbreite definiert ist. Die Fahrschlauchbreite hängt u. a. von der Fahrzeugbreite ab.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung eines Fahrschlauches zeichnet sich nun dadurch aus, dass der Fahrschlauch in Abhängigkeit von einer Achskonfiguration und/oder einem aktuellen Betriebszustand von mindestens einer Achse des Nutzfahrzeugs bestimmt wird. Dies bietet den Vorteil einer genaueren Bestimmung des Fahrschlauches für Nutzfahrzeuge. Dies ermöglicht eine deutlich verbesserte Vorhersage des benötigten Platzes bei Durchfahrt der zukünftigen Fahrzeugtrajektorie, insbesondere bei Kurvenfahrt, und bietet damit mehr Sicherheit für den Fahrer, aber auch für andere Verkehrsbeteiligte. Ob Hindernisse sich im Fahrschlauch befinden oder nicht, kann somit zuverlässiger erkannt werden.

[0010] Unter der Achskonfiguration werden die Anzahl und Art der Achsen verstanden, mit denen das Nutzfahrzeug ausgestattet ist, was auch die Gesamtzahl der Räder und die Zahl der gelenkten Räder umfassen kann. In der Praxis wird auch der

Begriff Achsformel oder Radformel verwendet. Während Personenkraftwagen (PKWs) in der Regel eine gelenkte Vorderachse und eine nicht-lenkbare Hinterachse aufweisen, ist bei Nutzfahrzeugen die mögliche Varianz weitaus höher, was die möglichen Achskonfigurationen angeht.

[0011] So bieten Nutzfahrzeughersteller den gleichen Fahrzeugtyp oftmals in unterschiedlichen Achskonfigurationen an, z. B. mit wahlweise unterschiedlicher Anzahl der Achsen im Hinterachspaket, mit oder ohne Liftachse, mit oder ohne lenkbare Starrachsen etc. Die Achskonfiguration beeinflusst das Fahrverhalten, insbesondere das Kurvenfahrverhalten. Entsprechend ermöglicht die Berücksichtigung der Achskonfiguration bei der Bestimmung des Fahrschlauches eine genauere Bestimmung des Fahrschlauches.

[0012] Ferner kann ein aktueller Betriebszustand einer Achse des Nutzfahrzeugs das Fahrverhalten, insbesondere das Kurvenfahrverhalten, viel stärker beeinflussen als bei einem PKW. Ein Betriebszustand einer Achse beschreibt unterschiedliche das Fahrverhalten, insbesondere das Kurvenfahrverhalten, beeinflussende Zustände der Achse, die im Betrieb auftreten können. Beispielsweise hängt der Innenkreisradius und damit der Straßenbreitenbedarf bzw. die Breites des benötigten Fahrschlauches beim Kurvenfahren eines Nutzfahrzeugs davon ab, ob eine Liftachse angehoben ist oder nicht oder ob eine lenkbare Starrachse gerade lenkbar ist oder gerade arretiert ist. Insofern kann ein Fahrschlauch für unterschiedliche Betriebszustände der Achsen stets präzise bestimmt werden, wenn diese Betriebszustände der Achse, insbesondere deren Auswirkungen auf den Straßenbreitenbedarf und das Fahrverhalten des Fahrzeugs, in die Bestimmung des Fahrschlauches eingehen.

[0013] In einem Ausführungsbeispiel umfasst das Nutzfahrzeug mindestens eine Liftachse. Die Liftachse kann beispielsweise eine liftbare Vorderachse oder liftbare Nachlaufachse sein. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel gibt der aktuelle Betriebszustand der Achse an, ob die Liftachse sich momentan im angehobenen oder abgesenkten Zustand befindet. Bei Aktivierung der Liftachse verändert sich der Radstand und folglich auch der Straßenbreitenbedarf. Entsprechend wird bei der Bestimmung des Fahrschlauches berücksichtigt, welche Auswirkung der aktuelle Zustand der Liftachse auf den Straßenbreitenbedarf des Nutzfahrzeugs hat. Der Fahrschlauch wird somit genauer bestimmt. So ist der Straßenbreitenbedarf bei einer Kurvenfahrt höher, wenn eine liftbare Vorlaufachse eines mehrachsigen Sattelauflegers angehoben ist, als wenn die liftbare Vorlaufachse abgesenkt ist, da bei angehobener Liftachse der Radstand länger ist, somit der Kurveneinlauf größer ist, somit der innere Radius (fahrbare

Innenkreis) kleiner ist und folglich die benötigte Breite des Fahrschlauches zunimmt.

[0014] In einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst das Nutzfahrzeug mindestens eine gelenkte Achse. Die gelenkte Achse ist nicht die Vorderachse und vorzugsweise eine gelenkte Starrachse, beispielsweise eine gelenkte Vor- oder Nachlaufachse. Hierbei gibt der aktuelle Betriebszustand der Achse an, ob die gelenkte Starrachse sich momentan im lenkbaren Zustand oder im arretierten nicht-lenkbaren Zustand befindet. Es ist bekannt, dass derartige gelenkte Achsen bei höheren Fahrgeschwindigkeiten zur Verbesserung der Fahrstabilität und Fahrsicherheit arretiert werden können, so dass sie nicht mehr lenkbar sind. Im lenkbaren Zustand der gelenkten Achse ist der Straßenbreitenbedarf geringer als im arretierten Zustand, was bei der Bestimmung des Fahrschlauches berücksichtigt wird. Der Fahrschlauch wird somit genauer bestimmt.

[0015] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Breite des Fahrschlauches bei einer Kurvenfahrt in Abhängigkeit von der Achskonfiguration und/oder des aktuellen Betriebszustands angepasst. Während bei Geradeausfahrten die benötigte Breite des Fahrschlauches im Wesentlichen von den Fahrzeugabmessungen quer zur Fahrtrichtung abhängt, kann bei Kurvenfahrten der Straßenbreitenbedarf und damit die benötigte Fahrschlauchbreite zusätzlich von der Achskonfiguration und von Betriebszuständen der Achse abhängigen, was vorstehend erläutert wurde. Entsprechend kann über die Anpassung der Fahrschlauchbreite auf einfache Weise eine genaue Anpassung an den von der Achskonfiguration und/oder dem aktuellen Betriebszustand abhängigen Platzbedarf des Nutzfahrzeugs erzielt werden.

[0016] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird der aktuelle Betriebszustand in Abhängigkeit von einer momentanen Achslast des Nutzfahrzeugs bestimmt. Nutzfahrzeuge werden mit stark unterschiedlichen Beladungszuständen betrieben, z. B. Leerfahrt vs. Fahrt im voll beladenem Zustand, was entsprechend zu unterschiedlichen Achslasten führt. Die Höhe der Achslast hat jedoch Einfluss auf das Kurvenfahrverhalten, z. B. beeinflusst die aktuelle Achslast die auftretende Querschleunigung bei Kurvenfahrten und somit das Fahrverhalten (Übersteuerung, Untersteuern in Kurven etc.) Entsprechend kann sich der benötigte Fahrschlauch, insbesondere die Fahrschlauchbreite, mit der Achslast ändern, was gemäß diesem Ausführungsbeispiel berücksichtigt wird. Die momentane Achslast kann beispielsweise mithilfe von mindestens einem Achslastsensor ermittelt werden, beispielsweise mithilfe eines On-Board-Wiegesystems, wie es aus der Praxis bekannt ist.

[0017] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die aktuelle Achskonfiguration oder ein hieraus abgeleiteter Korrekturparameter, der bei der Bestimmung des Fahrschlauches verwendet wird, bei Fertigung des Nutzfahrzeugs im Nutzfahrzeug hinterlegt. Vorstehend wurde bereits erwähnt, dass Nutzfahrzeughersteller den gleichen Fahrzeugtyp oftmals in unterschiedlichen Achskonfigurationen anbieten, z. B. mit wahlweise unterschiedlicher Anzahl der Achsen im Hinterachspaket, mit oder ohne Liftachse, mit oder ohne lenkbare Starrachsen etc. Je nach Ausführung der aktuellen Achskonfiguration des hergestellten Nutzfahrzeugs kann diese Achskonfiguration z. B. in Form des Korrekturparameters im Rahmen der sog. „End-of-Line-Programmierung“ des Fahrerassistenzsystems dort als Funktionsparameter hinterlegt werden, so dass die Fahrschlauchbestimmung an die aktuelle Achskonfiguration angepasst werden kann.

[0018] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird der Fahrschlauch in Abhängigkeit einer Reifenkonfiguration bestimmt. Die Reifenkonfiguration ist durch die Art der Bereifung des Nutzfahrzeugs bestimmt. Der Einfluss der Bereifung auf das Kurvenfahrverhalten und damit den Fahrschlauch kann wiederum in Form eines Reifenkorrekturparameters in die Bestimmung des Fahrschlauches eingehen.

[0019] In einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst das Verfahren ferner das Erfassen von Hindernissen im Umfeld des Fahrzeugs mittels einer Umfeldsensorik und/oder einer Umfeldkarte des Nutzfahrzeugs und das Bestimmen, ob sich ein Hindernis innerhalb des bestimmten Fahrschlauches befindet. Die Umfeldsensorik kann beispielsweise einen Radar- und/oder Lidarsensor umfassen, der ausgebildet ist, das Umfeld des Nutzfahrzeugs zu erfassen.

[0020] In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die zukünftige Fahrzeugtrajektorie in Abhängigkeit von der Fahrzeugeigenbewegung und/oder zumindest einer der folgenden Größen bestimmt werden: einer Gierrate des Chassis, einer Querschleunigung des Chassis, einer Längsbeschleunigung des Chassis und einem erfassten Lenkwinkel der Räder. Grundsätzlich sind aus dem Stand der Technik eine Vielzahl von technischen Ansätzen bekannt, um die zukünftige Fahrzeugtrajektorie eines Ego-Fahrzeugs zu präzisieren, auf die vorliegend in diesem Zusammenhang zurückgegriffen werden kann.

[0021] In einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgt das Bestimmen des Fahrschlauches in Abhängigkeit von der Achskonfiguration und/oder dem aktuellen Betriebszustand von mindestens einer Achse des Nutzfahrzeugs auf Basis von einem oder mehreren Korrekturfaktoren und/oder einer Kennlinienschar. Die Korrekturfaktoren bzw. die Kennli-

nienschar geben eine Änderung des Fahrschlauches bei einer Kurvenfahrt in Abhängigkeit von der Achskonfiguration und/oder dem aktuellen Betriebszustand der mindestens einen Achse an. Diese Änderungen können anhand von Fahrversuchen mit unterschiedlichen Achskonfiguration und/oder unterschiedlichen Betriebszuständen ermittelt werden, um hieraus experimentell die Korrekturparameter und/oder Kennlinienschar zu ermitteln. Anders ausgedrückt kann mittels experimenteller Fahrversuche, z. B. entlang einer vorbestimmten Teststrecke, messtechnisch jeweils der tatsächliche Fahrschlauch für unterschiedliche Achskonfigurationen und Betriebszustände ermittelt werden. Die Veränderung des gemessenen Fahrschlauches, z. B. die veränderte Breite des Fahrschlauches beim Kurvenfahren, die sich jeweils bei unterschiedlichen Achskonfigurationen und Betriebszuständen ergeben, können anschließend ausgewertet und in Form von Korrekturparametern und/oder Kennlinien im Nutzfahrzeug hinterlegt werden. Für einen bestimmten Fahrzeugtyp kann somit auf einfache Weise eine genaue Bestimmung der Abhängigkeit des Fahrschlauches von der jeweiligen Achskonfiguration dieses Fahrzeugtyps und den unterschiedlichen Betriebszuständen der Achsen, die im Fahrbetrieb auftreten können, ermittelt werden.

[0022] Alternativ oder zusätzlich kann die Abhängigkeit des Fahrschlauches von der jeweiligen Achskonfiguration dieses Fahrzeugtyps und den unterschiedlichen Betriebszuständen der Achsen, die im Fahrbetrieb auftreten können, unter Verwendung entsprechender modellbasierter Fahr-Fahrzeugmodelle bzw. Fahrdynamikmodelle berechnet, z. B. simuliert, werden. Hierbei kann das Bestimmen des Fahrschlauches in Abhängigkeit von einer Achskonfiguration und/oder einem aktuellen Betriebszustand von mindestens einer Achse des Nutzfahrzeugs Folgendes umfassen: das Bestimmen eines korrigierten Eigenlenkgradienten und/oder eines korrigierten Ackermann-Lenk winkels in Abhängigkeit von der Achskonfiguration und/oder dem aktuellen Betriebszustand mindestens einer Achse, einer Gierrate des Chassis, einer Querschleunigung des Chassis und einer Längsbeschleunigung des Chassis. Anschließend kann ein korrigierter Fahrschlauches in Abhängigkeit des korrigierten Eigenlenkgradienten und/oder eines korrigierten Ackermann-Lenk winkels bestimmt werden. Dieser Ansatz bietet im Vergleich zu Testfahrten den Vorteil, dass bei Änderungen an den Achsen die Änderungen in der Regel durch entsprechende Änderungen der Fahrdynamikmodelle berücksichtigt werden können, was in der Regel kosteneffizienter ist, als erneut Testfahrten durchzuführen.

[0023] Ein zweiter allgemeiner Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung betrifft ein Fahrerassistenzsystem für ein Nutzfahrzeug, das ausgebildet

ist, das Verfahren, wie es in diesem Dokument offenbart ist, durchzuführen.

[0024] Zur Vermeidung von Wiederholungen sollen rein verfahrensgemäß offenbarte Merkmale auch als vorrichtungsgemäß offenbart gelten und beanspruchbar sein. Die vorgenannten Aspekte und erfindungsgemäßen Merkmale, insbesondere im Hinblick auf die Bestimmung des Fahrschlauches in Abhängigkeit von der Achskonfiguration und/oder dem aktuellen Betriebszustand der mindestens einen Achse des Nutzfahrzeugs, sollen auch als entsprechende funktionale Merkmale des Fahrerassistenzsystems offenbart sein und gelten somit auch für das Fahrerassistenzsystem.

[0025] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Nutzfahrzeug bereitgestellt, umfassend ein solches Fahrerassistenzsystem. Ein Nutzfahrzeug ist ein Fahrzeug, das durch seine Bauart und Einrichtung zur Beförderung von Personen, zum Transport von Gütern oder zum Ziehen von Anhängerfahrzeugen ausgelegt ist. So kann das Fahrzeug z. B. ein Lastkraftwagen, ein Sattelzug und/oder ein Omnibus sein.

[0026] Die zuvor beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen und Merkmale der Erfindung sind beliebig miteinander kombinierbar. Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung unterschiedlicher Achskonfigurationen eines Nutzfahrzeugs;

Fig. 3 eine schematische Darstellung zweier Betriebszustände einer Liftachse eines Nutzfahrzeugs;

Fig. 4 eine schematische Darstellung zweier Betriebszustände einer lenkbaren Starrachse eines Nutzfahrzeugs;

Fig. 5 eine schematische Darstellung des geänderten Kurvenfahrverhaltens eines Nutzfahrzeugs bei unterschiedlichen Betriebszuständen der lenkbaren Starrachse;

Fig. 6 eine Illustration des Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 7 eine schematische Darstellung zur experimentellen Bestimmung der Abhängigkeit des Fahrschlauches von der Achskonfiguration und/oder Betriebszuständen der Achse im Rahmen von Fahrversuchen;

Fig. 8A und **Fig. 8B** eine Illustration der Abhängigkeit des Ackermannwinkels und Eigenlenk-

gradienten von einem Betriebszustand einer Liftachse; und

Fig. 9 ein Blockdiagramm zur Illustration einer modellbasierten Bestimmung der Abhängigkeit des Fahrschlauches von der Achskonfiguration und/oder Betriebszuständen der Achse.

[0027] Gleiche oder äquivalente Elemente sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und zum Teil nicht gesondert beschrieben.

[0028] **Fig. 1** zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die Erfindung findet Anwendung in einem Nutzfahrzeug. In Schritt S1 erfolgt die Bestimmung einer zukünftigen Fahrzeugtrajektorie des Nutzfahrzeugs. Vorstehend wurde bereits festgestellt, dass aus dem Stand der Technik eine Vielzahl von technischen Ansätzen bekannt sind, die hierzu herangezogen werden können, um die zukünftige Fahrzeugtrajektorie eines Ego-Fahrzeugs zu prädictieren. Beispielsweise kann hierzu ein Fahrerassistenzsystem des Nutzfahrzeugs eine Trajektorie ermitteln, die ein oder mehrere Randbedingungen erfüllt. Bei der Ermittlung einer Trajektorie können u. a. fahrdynamische Aspekte berücksichtigt werden. Insbesondere kann in Abhängigkeit von ein oder mehreren Fahrzeugparametern und/oder in Abhängigkeit von einer aktuellen Fahrsituation eine zukünftige Trajektorie ermittelt werden, die mit dem Nutzfahrzeug realistisch gefahren werden kann. Dabei kann eine vom Nutzfahrzeug umsetzbare Krümmung berücksichtigt werden. Weitere Beispiele für Fahrzeugparameter, die berücksichtigt werden können, sind eine (bei der aktuellen Fahrsituation umsetzbare) Beschleunigung oder Verzögerung des Fahrzeugs. Der eine oder die mehreren Fahrzeugparameter können in einem Fahrzeug-Modell berücksichtigt werden. Beispielsweise kann die zukünftige Fahrzeugtrajektorie in Abhängigkeit von der Fahrzeugeigenbewegung und zumindest einer der folgenden Größen bestimmt werden: einer Gierrate des Chassis, einer Querschleunigung des Chassis, einer Längsbeschleunigung des Chassis und einem erfassten Lenkwinkel der Räder.

[0029] In Schritt S2 wird anschließend ein Fahrschlauch in Abhängigkeit von der zukünftigen Fahrzeugtrajektorie bestimmt. Es wird somit eine Art virtueller Korridor ermittelt, der dem Fahrschlauch entspricht und der sich aus der bestimmten Fahrzeugtrajektorie ergibt. Der Fahrschlauch gibt gemäß der Fahrzeugtrajektorie den prädictierten Fahrtverlauf des eigenen Fahrzeugs wieder und zeigt über die Breite des Fahrschlauches an, welcher Platzbedarf hierbei benötigt wird. Lediglich beispielhaft kann der Fahrschlauch durch ein geometrisches Objekt repräsentiert werden, das durch eine der Trajektorie des Fahrzeugs entsprechende Mittellinie und eine bestimmte Fahrschlauchbreite definiert ist. Die Fahr-

schlauchbreite hängt beim Geradeausfahren von der Fahrzeugbreite ab, beim Kurvenfahren jedoch zusätzlich von der vom Nutzfahrzeug umsetzbaren Krümmung und dem Kurvenfahrverhalten, was wiederum von der Achskonfiguration und den momentanen Betriebszuständen der Achse des Nutzfahrzeugs abhängt.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung eines Fahrschlauchs zeichnet sich nun dadurch aus, dass der Fahrschlauch in Abhängigkeit von einer Achskonfiguration und/oder einem aktuellen Betriebszustand von mindestens einer Achse des Nutzfahrzeugs bestimmt wird. Dies bietet den Vorteil einer genaueren Bestimmung des Fahrschlauchs für Nutzfahrzeuge. Dies ermöglicht eine deutlich verbesserte Vorhersage des benötigten Platzes bei Durchführung der zukünftigen Fahrzeugtrajektorie, insbesondere bei Kurvenfahrt, und bietet damit mehr Sicherheit für den Fahrer, aber auch für andere Verkehrsbeteiligte. Ob Hindernisse sich im Fahrschlauch befinden oder nicht, kann somit zuverlässiger erkannt werden.

[0031] Dies wird nachfolgend anhand der **Fig. 2** bis **Fig. 9** illustriert.

[0032] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung unterschiedlicher Achskonfigurationen 4 eines Nutzfahrzeugs 1, das vorliegend ein Sattelzug ist. Das Nutzfahrzeug kann vom Hersteller beispielsweise in unterschiedlichen Achskonfigurationen 4 angeboten werden. Alle der hier abgebildeten Ausführungen des Nutzfahrzeugs 1 haben eine lenkbare Vorderachse 8 und eine starre Antriebsachse 9 der Sattelzugmaschine. Die Achskonfigurationen 4 unterscheiden sich hier beispielhaft in der Anzahl und Art der Achsen im Hinterachspaket. Die Achskonfiguration 4a des auf der linken Seite abgebildeten Nutzfahrzeugs 1 hat nur ein Doppelachsaggregat, das aus zwei nicht-lenkbaren Starrachsen 11, 12 besteht. Das Nutzfahrzeug 1 in der Mitte weist dagegen eine Achskonfiguration 4b mit einem Doppelachsaggregat auf, bei dem die hintere Nachlaufachse 12 lenkbar ist. Die lenkbare Nachlaufachse 12 kann ferner zwei unterschiedliche Betriebszustände einnehmen, nämlich einen lenkbaren Zustand 12a und einen arretierten, nicht-lenkbaren Zustand 12b, was in **Fig. 4** illustriert ist. Auf der rechten Seite ist ein Nutzfahrzeug 1 mit einer Achskonfiguration 4c mit drei Achsen am Hinterachspaket, wobei die Vorlaufachse 10 als Liftachse ausgeführt ist und die Nachlaufachse 12 als lenkbare Nachlaufachse 12 ausgeführt ist.

[0033] Je nach Ausführung der aktuellen Achskonfiguration 4 des hergestellten Nutzfahrzeugs 1 kann diese Achskonfiguration 4a, 4b oder 4c z. B. in Form des Korrekturparameters im Rahmen der sog. „End-of-Line-Programmierung“ des Fahrerassistenz-

systems dort als Funktionsparameter hinterlegt werden, so dass die Fahrschlauchbestimmung an die aktuelle Achskonfiguration angepasst werden kann. Mittels des Korrekturparameters kann beispielsweise die Fahrschlauchbreite bei Kurvenfahrten an die vorliegende Achskonfiguration angepasst werden.

[0034] Beispielsweise hängt der Innenkreisradius und damit der Straßenbreitenbedarf bzw. die Breite des benötigten Fahrschlauches beim Kurvenfahren eines Nutzfahrzeugs davon ab, ob eine Achskonfiguration 4c mit lenkbare Nachlaufachse vorliegt oder eine Achskonfiguration 4b ohne lenkbare Nachlaufachse 12. Der Fahrschlauch bei Kurvenfahrten mit einer Achskonfiguration 4c kann eine geringere Breite aufweisen als der korrespondierende Fahrschlauch mit einer Achskonfiguration 4b, was mittels des Korrekturparameters beispielhaft berücksichtigt werden kann.

[0035] **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung zweier Betriebszustände einer Liftachse eines Nutzfahrzeugs, die gemäß der Ausführungsform im Fahrbetrieb erfasst und zur Bestimmung des Fahrschlauches verwendet werden. Beispielhaft zeigt **Fig. 3** das Nutzfahrzeug 1 mit der Achskonfiguration 4c der **Fig. 2**.

[0036] Oben in **Fig. 3** ist das Nutzfahrzeug 1 mit der Liftachse 10 im angehobenen (gelifteten) Betriebszustand 10a dargestellt. Unten in **Fig. 3** ist das Nutzfahrzeug 1 mit der Liftachse 10 im abgesenkten (nicht-gelifteten) Betriebszustand 10b dargestellt. Die lenkbare Nachlaufachse 12 befindet sich jeweils im arretierten, d. h. nicht-lenkbaren, Betriebszustand 12b.

[0037] Das Fahrerassistenzsystem 5, hier schematisch dargestellt als ein Steuergerät, in welchem das Fahrerassistenzsystem programmtechnisch realisiert ist, ist eingerichtet, den aktuellen Betriebszustand der liftbaren Vorlaufachse 10 und der lenkbaren Nachlaufachse 12 zu erfassen.

[0038] **Fig. 4** zeigt wiederum das Nutzfahrzeug 1 mit der Achskonfiguration 4c und illustriert zwei Betriebszustände der lenkbaren Nachlaufachse 12. Oben in **Fig. 4** ist das Nutzfahrzeug 1 mit der Nachlaufachse 12 im lenkbaren Betriebszustand 12a dargestellt. Unten in **Fig. 4** ist das Nutzfahrzeug 1 mit der Nachlaufachse 12 im arretierten (nicht-lenkbaren) Betriebszustand 12b dargestellt. Dies ist beispielsweise bei höheren Fahrgeschwindigkeiten der Fall, wo aus Fahrstabilitäts- und sicherheitsgründen die Nachlaufachse 12 arretiert wird.

[0039] Optional können ferner eine oder mehrere Achslastsensoren 13 vorgesehen sein, um das Gewicht, welches auf den Achsen lastet, zu erfassen, was ebenfalls in den **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt

ist. Das Fahrerassistenzsystem 5 ist eingerichtet, die aktuellen Werte der Achslastsensoren 13 zu erfassen. Das Fahrerassistenzsystem 5 ist ferner eingerichtet, die gemessenen Werte an den verschiedenen Achsen zu einer weiteren Bestimmung des Fahrschlauchs zu verwenden.

[0040] Die in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellten Achskonfigurationen mit verschiedenen Betriebszuständen sollen rein beispielhaft sein. Es ist allgemein bekannt, dass viele verschiedene Variationsmöglichkeiten der dargestellten Achsen möglich sind.

[0041] Vorstehend wurde bereits festgestellt, dass ein aktueller Betriebszustand einer Achse des Nutzfahrzeugs das Fahrverhalten, insbesondere das Kurvenfahrverhalten, viel stärker beeinflusst als bei einem PKW. Dies ist nachfolgend nochmals anhand von **Fig. 5** illustriert, die beispielhaft eine schematische Darstellung des geänderten Kurvenfahrverhaltens eines Nutzfahrzeugs bei unterschiedlichen Betriebszuständen der lenkbaren Starrachse 15 zeigt.

[0042] Aus dem Stand der Technik ist allgemein bekannt, dass verschiedene Betriebszustände von Achsen Einfluss auf das Kurvenverhalten von Nutzfahrzeugen haben, vgl. auch die **Abb. 4.72** auf Seite 246 im Fachbuch „Hoepke E., Breuer S.: Nutzfahrzeugtechnik, Grundlagen Systeme Komponenten (7. Auflage), Wiesbaden, 2013“, die ähnlich wie **Fig. 5** das betriebszustandsabhängige Kurvenfahrverhalten illustriert.

[0043] **Fig. 5** zeigt zwei Nutzfahrzeuge 1 der Achskonfigurationen 4c mit fünf Achsen, welche mit demselben Lenkwinkel δ an der lenkbaren Vorderachse 8 einen Kreis fahren. Das hierbei auf der linken Seite dargestellte Nutzfahrzeug 1 weist eine hintere Nachlaufachse im gelenkten Betriebszustand 12a und eine liftbare Vorlaufachse im abgesenkten Betriebszustand 10b auf. Der Außenradius 23 zeigt die Außenkontur beider abgebildeten Nutzfahrzeuge 1, welche bei Kreisfahrt entsteht. Die dargestellte Kreisfahrt kann dem Wendekreis des Nutzfahrzeugs 1 entsprechen. Der Innenradius 22 zeigt den durch den Auflieger entstehenden Innenkreis bei gelenkter Nachlaufachse, d. h., die Nachlaufachse 12 ist im Betriebszustand 12a. Das Nutzfahrzeug 1 auf der rechten Seite hat im Gegensatz zu dem auf der linken Seite eine arretierte Nachlaufachse, so dass sich die Nachlaufachse im Betriebszustand 12b befindet. Der Innenradius 24 bei arretierter Nachlaufachse 12, 12b ist im Gegensatz zu dem Innenradius 22 bei gelenkter Nachlaufachse 12, 12a kleiner. Somit ergeben sich bei angenommener Kreisfahrt je nach Betriebszustand bzw. je nach Betriebszuständen der Achsen zwei verschiedene Straßenbreitenbedarfe, welche sich in der Breite 3a, 3b unterscheiden. Vorliegend wird der veränderte Straßenbreitenbedarf

genutzt, um den zur Durchführung der zukünftigen Fahrzeugtrajektorie benötigten Fahrschlauch entsprechend anzupassen. Konkret wird die Breite des Fahrschlauchs an Stellen, an denen das Nutzfahrzeug 1 gemäß der zukünftigen Fahrzeugtrajektorie eine Kurve bzw. eine gekrümmte Bahn fährt, angepasst - derart, dass die angepasste Breite dem Straßenbreitenbedarf entspricht, der sich aus dem aktuellen Betriebszustand der Achsen ergibt.

[0044] Das Nutzfahrzeug 1 mit gelenkter Nachlaufachse 12, 12a weist z. B. einen schmaleren Fahrschlauch 3a auf als das Fahrzeug mit arretierter Nachlaufachse 12, 12b und dem zugehörigen Fahrschlauch 3b. Die konkrete Ausführung des Nutzfahrzeugs 1 soll lediglich als Beispiel dienen und das Prinzip verdeutlichen, wie Achszustände den resultierenden Straßenbreitenbedarf und damit den benötigten Fahrschlauch beeinflussen.

[0045] Ähnliche Effekte stellen sich auch mit Einflüssen von Liftachsen oder einer Kombination von lift- und lenkbaren Achsen ein. Vorstehend wurde bereits festgestellt, dass sich bei Aktivierung der Liftachse z. B. der Radstand und folglich auch der Straßenbreitenbedarf ändert. Entsprechend wird bei der Bestimmung des Fahrschlauches berücksichtigt, welche Auswirkung der aktuelle Zustand der Liftachse auf den Straßenbreitenbedarf des Nutzfahrzeugs hat. Der Fahrschlauch wird somit genauer bestimmt. So ist der Straßenbreitenbedarf bei einer Kurvenfahrt höher, wenn eine liftbare Vorlaufachse eines mehrachsigen Sattelaufliers angehoben ist, als wenn die liftbare Vorlaufachse abgesenkt ist, da bei angehobener Liftachse der Radstand länger ist, somit der Kurveneinlauf größer ist, somit der innere Radius (fahrbare Innenkreis) kleiner ist und folglich die benötigte Breite des Fahrschlauches zunimmt.

[0046] **Fig. 6** zeigt eine Illustration des Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die in Schritt S1 bestimmte zukünftige Fahrzeugtrajektorie ist hier mit dem Bezugszeichen 2 dargestellt und zeigt an, dass das Nutzfahrzeug 1 auf der Fahrbahn 14 an der Kreuzung nach rechts abbiegen will. Anschließend wird der Fahrschlauch 3 bestimmt. Bei Geradeausfahrt entspricht dieser im Wesentlichen der Fahrzeugbreite zzgl. ggf. eines Sicherheitspuffers. Bei Kurvenfahrten ist der Fahrschlauch 3 breiter und berücksichtigt den Straßenbreitenbedarf des Nutzfahrzeugs bei einer gekrümmten Fahrbahn, ähnlich wie es in **Fig. 5** dargestellt ist.

[0047] Bei der Bestimmung des Fahrschlauches wird der Betriebszustand der Liftachse 10 und der lenkbaren Achse 12 berücksichtigt. **Fig. 6** zeigt beispielhaft einen ersten Fahrschlauch 3 mit Breite 3a, der bestimmt wird, falls das Fahrerassistenzsystem 5 ermittelt, dass die lenkbare Achse 12 im lenkbaren Zustand 12a ist. Fährt das Nutzfahrzeug jedoch in

die Kreuzung mit arretierter Achse 12 ein, ermittelt das Fahrerassistenzsystem aufgrund des erhöhten Straßenbreitenbedarfs einen Fahrschlauch 3' (dargestellt durch die gestrichelte Linie) mit Breite 3b.

[0048] Das Nutzfahrzeug umfasst ferner einen Umfeldsensor 6, zum Beispiel einen radarbasierten Umfeldsensor, zur Erfassung eines vorliegenden Umfelds 7 des Nutzfahrzeugs 1. Hierbei wird ein Hindernis 19 erkannt. In der Darstellung der **Fig. 6** ist erkennbar, dass das Hindernis im Bereich des prädierten Fahrschlauchs 3' liegt, nicht jedoch im Bereich des prädierten Fahrschlauchs 3. Die Anpassung des Fahrschlauchs an die Betriebszustände der Achse ermöglicht somit eine genauere Bestimmung des Fahrschlauches und eine zuverlässigere Bestimmung, ob etwaige Hindernisse im Fahrschlauch liegen oder nicht.

[0049] Falls somit das Nutzfahrzeug in einem Betriebszustand der Achsen in die Kreuzung einfährt, für den der Fahrschlauch 3' ermittelt wurde, können ein entsprechender Warnhinweis auf das Hindernis 19 an den Fahrer ausgegeben werden, so dass dieser entsprechend reagieren kann.

[0050] Falls das Nutzfahrzeug als automatisiert betriebenes und/oder betreibares Nutzfahrzeug ausgebildet ist, kann in diesem Fall automatisch eine geänderte Fahrzeugtrajektorie 2 und ein korrespondierender Fahrschlauch berechnet werden, derart, dass das Hindernis 19 nicht mehr im Fahrschlauch liegt.

[0051] **Fig. 7** zeigt eine schematische Darstellung zur experimentellen Bestimmung der Abhängigkeit des Fahrschlauches von der Achskonfiguration und/oder Betriebszuständen der Achse im Rahmen von Fahrversuchen 20. Hierbei wird eine Teststrecke mehrmals mit Fahrzeugen 1 durchfahren, die unterschiedliche Achskonfigurationen aufweisen. Für jede Achskonfiguration wird die Teststrecke wiederum mehrmals durchfahren mit unterschiedlichen Betriebszuständen der Achsen, z. B. Durchfahren der Teststrecke mit Liftachse angehoben und abgesenkt, mit lenkbarer Nachlaufachse im gelenkten Zustand und im arretierten Zustand.

[0052] Falls das Fahrzeuggewicht als Parameter zur Anpassung des Fahrschlauches verwendet wird, wird die Teststrecke mit verschiedenen Beladungszuständen durchfahren. Die Teststrecke ist zweckmäßig so zu wählen, dass dort möglichst unterschiedliche Fahrmanöver, insbesondere Kurvenfahrten, zu absolvieren sind.

[0053] Für jede Achskonfiguration und die unterschiedlichen Betriebszustände wird dann der tatsächlich durchfahrende Fahrschlauch messtechnisch ermittelt. Auf diese Weise kann experimentell

ermittelt werden, wie sich die jeweils unterschiedlichen Achskonfigurationen und Betriebszustände auf den gemessenen Fahrschlauch auswirken. Lediglich beispielhaft ergibt sich bei einer ersten Durchfahrt der Teststrecke mit dem Nutzfahrzeug 2 in einem ersten Betriebszustand der Fahrschlauch 3 und bei einer zweiten Durchfahrt der Teststrecke in einem zweiten Betriebszustand, bei im Vergleich zum ersten Betriebszustand z. B. die Liftachse einen andere Zustand aufweist, der Fahrschlauch 3'. Beispielsweise kann die veränderte Breite des Fahrschlauches beim Kurvenfahren für eine vorgegebene Fahrzeugtrajektorie ermittelt werden, abhängig davon, ob sich eine Liftachse im angehobenen oder abgesenkten Zustand befindet usw. Das Ergebnis kann dann in Form von Korrekturparametern und/oder Kennlinien im Nutzfahrzeug hinterlegt werden und zur Anpassung des Fahrschlauches verwendet werden. Für einen bestimmten Fahrzeugtyp kann somit auf einfache Weise eine genaue Bestimmung der Abhängigkeit des Fahrschlauches von der jeweiligen Achskonfiguration dieses Fahrzeugtyps und den unterschiedlichen Betriebszuständen der Achsen, die im Fahrbetrieb auftreten können, ermittelt und im Fahrerassistenzsystem programmtechnisch hinterlegt werden.

[0054] Alternativ oder zusätzlich kann die Abhängigkeit des Fahrschlauches von der jeweiligen Achskonfiguration dieses Fahrzeugtyps und den unterschiedlichen Betriebszuständen der Achsen, die im Fahrbetrieb auftreten können, unter Verwendung entsprechender modellbasierter Fahrzeugmodelle bzw. Fahrdynamikmodelle berechnet, z. B. simuliert, werden.

[0055] Die **Fig. 8A** und **Fig. 8B** illustrieren in diesem Zusammenhang beispielhaft die Abhängigkeit des Ackermannwinkels und Eigenlenkgradienten von einem Betriebszustand einer Liftachse.

[0056] **Fig. 8A** zeigt in einer Draufsicht beispielhaft eine gelenkte Vorderachse 8 sowie ein Doppelachsaggregat 10, 11 mit einer Starrachse und einer liftbarer Vorlaufachse 10 im abgesenkten Betriebszustand 10b. Bedingung für die reibungsfreie Kurvenfahrt ist, dass sich die Polstrahlen jedes Rades in einem gemeinsamen Schnittpunkt, dem Momentanpol 18, treffen. Der Momentanpol 18 ist bei einer ebenen Bewegung eines starren Körpers derjenige Raumpunkt, um den der Körper als nur drehend angesehen und behandelt werden kann. Wie in **Fig. 8A** gezeigt, treffen sich die Verlängerungen der Polstrahlen 15, 16, 17 jedes Rades bzw. der Achskonfiguration senkrecht zur Drehachse dieser Achskonfiguration in einem Schnittpunkt, dem Momentanpol 18. Bei einer idealen Kreisfahrt ohne über- oder untersteuerndes Fahrverhalten treten so keine Querkräfte an den verschiedenen Rädern auf. In anderen Worten findet hier nur eine Abrollbewegung der Reifen auf dem Untergrund statt. Jedoch ist bei dem

gezeigten Doppelachsaggregat 10, 11 ein reines Abrollen nicht möglich, weil der Polstrahl 17 zwischen den Achsen 10, 11 liegt. Dieses Phänomen führt in der Praxis dazu, dass Reifen einer solchen Kombination einen deutlich höheren Verschleiß haben und dass mehr Energie in Form von Treibstoff für einen Antrieb benötigt wird. Die eingeschlossenen Winkel zwischen den Polstrahlen der Vorderachse und der Achskombination der Hinterachsen stellen zum einen den Lenkwinkel δ und den Ackermannwinkel δ_A dar.

[0057] Hingegen zeigt **Fig. 8B** einen Betriebszustand mit einer gelifteten Vorlaufachse 10, 10a. Hierdurch verschiebt sich geometrisch der Polstrahl 17 der hinteren Achskombination nach unten auf Höhe der Starrachse 11 und bildet einen neuen verschobenen Pohlstrahl 17a, was auch bedeutet, dass der Radstand länger wird. Damit sich noch immer alle Polstrahlen der verschiedenen Räder in einem Punkt treffen können, muss der Lenkwinkel δ eines der Vorderräder angepasst werden, hin zu einem angepassten Lenkwinkel δ_1 . In diesem Fall ergibt sich somit ein neuer Polstrahl 15a des rechten Vorderrades. Durch die Verschiebungen treffen sich somit die Pohlstrahlen 15a, 16, 17a in einem nach unten und rechts versetzten Momentanpol 18a. Somit verändern sich die Relationen des Lenkwinkels δ und des Ackermannwinkels δ_A abhängig vom Betriebszustand der liftbaren Achse 10.

[0058] Diese Veränderung der geometrischen Größen hat Einfluss auf das Fahrverhalten eines Nutzfahrzeugs 1 und somit auch auf den sich aus einer Trajektorie 21 ergebenden Fahrschlauch 20. Abhängig von der Geschwindigkeit treten natürlich auch Querbeschleunigungen auf, die Einfluss auf das Fahrverhalten haben und entsprechend unter Verwendung entsprechender aus der Fachliteratur bekannter modellbasierter Fahrzeugmodelle bzw. Fahrdynamikmodelle berechnet, z. B. simuliert, werden können.

[0059] Eine maßgebliche Größe zur Bestimmung einer Trajektorie 21 eines Nutzfahrzeugs 1, die hier verwendet werden kann, ist der Eigenlenkgradient. Wie aus dem Stand der Technik und einschlägigen Fachbüchern bekannt, ergibt sich der Eigenlenkgradient aus dem Lenkwinkel δ , dem Ackermannwinkels δ_A und der Querbeschleunigung eines Fahrzeugs. Dieser Zusammenhang ist in **Fig. 9** dargestellt. Die Achskonfiguration 3, 4, 5 sowie der aktuelle Betriebszustand 10a, 10b, 12a, 12b verschiedener Achsen haben Einfluss auf den Lenkwinkel δ , den Ackermannwinkel δ_A und die Querbeschleunigung. Aus diesen Größen lässt sich der Eigenlenkgradient bestimmen, daraus eine resultierende Trajektorie und von dieser abgeleitet ein Fahrschlauch.

Bezugszeichenliste

1	Nutzfahrzeug
2	Fahrzeugtrajektorie
3, 3'	Fahrschlauch
3a	Fahrschlauchbreite mit bspw. gelenkter Nachlaufachse
3b	Fahrschlauchbreite mit bspw. arretierter gelenkter Nachlaufachse
4	Achskonfiguration
4a	Achskonfiguration mit 3 Achsen
4b	Achskonfiguration mit 4 Achsen
4c	Achskonfiguration mit 5 Achsen
5	Fahrerassistenzsystem
6	Umfeldsensor, z.B. Radar
7	Erfassungsbereich
8	Lenkbare Vorderachse
8a	Korrigierter Lenkwinkel eines Rades der Vorderachse
9	Starre Antriebsachse
10	Liftbare Vorlaufachse
10a	Vorlaufachse: Betriebszustand geliftet
10b	Vorlaufachse: Betriebszustand abge- senkt
11	Starrachse
12	Lenkbare Nachlaufachse
12a	Nachlaufachse: Betriebszustand gelenkt
12b	Nachlaufachse: Betriebszustand arretiert
13	Achslastsensor
14	Fahrbahn
15	Polstrahl rechtes Vorderrad
15a	Polstrahl rechtes Vorderrad nach Anhebung der Liftachse
16	Polstrahl linkes Vorderrad
17	Polstrahlkombination der beiden Hinterachsen
17a	Polstrahl der Hinterachse 11
18	Momentanpol
18a	Momentanpol nach Anhebung der Liftachse
19	Hindernis

20	Fahrversuch
22	Innenradius bei gelenkter Nachlaufachse
23	Außenradius bei gelenkter und arretierter Nachlaufachse
24	Innenradius bei arretierter Nachlaufachse
δ	Lenkwinkel
δ_1	Lenkwinkel nach Liftachsenhebung
δ_A	Ackermannwinkel

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 102008036009 A1 [0003]
- DE 102012004791 A1 [0004]
- DE 102005002504 A1 [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Fahrschlauchs eines Nutzfahrzeugs (2), wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- Bestimmung (S1) einer zukünftigen Fahrzeugtrajektorie (2); und
- Bestimmung (S2) eines Fahrschlauchs (3) in Abhängigkeit von der zukünftigen Fahrzeugtrajektorie (2); **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrschlauch (3) in Abhängigkeit von einer Achskonfiguration (4) und/oder einem aktuellen Betriebszustand von mindestens einer Achse des Nutzfahrzeugs (1) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Nutzfahrzeug (1) mindestens eine Liftachse (1) umfasst, die vorzugsweise eine liftbare Vor- oder Nachlaufachse ist, und der aktuelle Betriebszustand der Achse angibt, ob die Liftachse sich momentan im angehobenen (10a) oder abgesenkten (10b) Zustand befindet.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Nutzfahrzeug (1) mindestens eine gelenkte Achse (12) umfasst, die nicht die Vorderachse ist und vorzugsweise eine gelenkte Starrachse (12), beispielsweise eine gelenkte Vor- oder Nachlaufachse, ist, und der aktuelle Betriebszustand der Achse angibt, ob die gelenkte Starrachse sich momentan im lenkbaren Zustand (12a) oder im arretierten nicht-lenkbaren Zustand (12b) befindet.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Breite (3a, 3b) des Fahrschlauchs (3) bei einer Kurvenfahrt in Abhängigkeit von der Achskonfiguration (4) und/oder des aktuellen Betriebszustands angepasst wird.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der aktuelle Betriebszustand in Abhängigkeit von einer momentanen Achslast des Nutzfahrzeugs bestimmt wird, wobei die momentane Achslast vorzugsweise mithilfe von mindestens einem Achslastsensor (13), beispielsweise mithilfe eines On-Board-Wiegensystems, ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die aktuelle Achskonfiguration oder ein hieraus abgeleiteter Korrekturparameter, der bei der Bestimmung des Fahrschlauches (3) verwendet wird, bei Fertigung des Nutzfahrzeugs im Nutzfahrzeug (1) hinterlegt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Achskonfiguration oder der hieraus abgeleitete Korrekturparameter abhängt von der Anzahl und Art der Achsen des Nutzfahrzeugs.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Verfahren ferner umfasst: Erfassen von Hindernissen im Umfeld des Fahrzeugs mittels einer Umfeldsensorik (6) und/oder einer Umfeldkarte des Nutzfahrzeugs und Bestimmen, ob sich ein Hindernis (7) innerhalb des bestimmten Fahrschlauches (6) befindet.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die zukünftige Fahrzeugtrajektorie (2) in Abhängigkeit von der Fahrzeugeigenbewegung und zumindest einer der folgenden Größen bestimmt wird: einer Gierrate des Chassis, einer Querbesehleunigung des Chassis, einer Längsbesehleunigung des Chassis und einem erfassten Lenkwinkel der Räder.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Bestimmen des Fahrschlauchs (3) in Abhängigkeit von der Achskonfiguration (4) und/oder dem aktuellen Betriebszustand von mindestens einer Achse des Nutzfahrzeugs auf Basis von Korrekturfaktoren und/oder einer Kennlinienschar erfolgt, die eine Änderung des Fahrschlauchs bei einer Kurvenfahrt in Abhängigkeit von den Achskonfigurationen und/oder den Betriebszuständen der mindestens einen Achse angeben und die zuvor anhand von Fahrversuchen (20) mit unterschiedlichen Achskonfigurationen und/oder unterschiedlichen Betriebszuständen ermittelt wurden.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Bestimmen des Fahrschlauchs in Abhängigkeit von einer Achskonfiguration und/oder einem aktuellen Betriebszustand von mindestens einer Achse des Nutzfahrzeugs umfasst:

- Bestimmen eines korrigierten Eigenlenkgradienten und/oder eines korrigierten Ackermann-Lenk winkels in Abhängigkeit von der Achskonfiguration und/oder dem aktuellen Betriebszustand mindestens einer Achse, einer Gierrate des Chassis, einer Querbesehleunigung des Chassis und einer Längsbesehleunigung des Chassis; und
- Bestimmen eines korrigierten Fahrschlauches in Abhängigkeit des korrigierten Eigenlenkgradienten und/oder eines korrigierten Ackermann-Lenk winkels.

12. Fahrerassistenzsystem (5) für ein Nutzfahrzeug (1), das ausgebildet ist, das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 durchzuführen.

13. Nutzfahrzeug, vorzugsweise Lastkraftwagen, umfassend ein Fahrerassistenzsystem (5) nach Anspruch 12.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

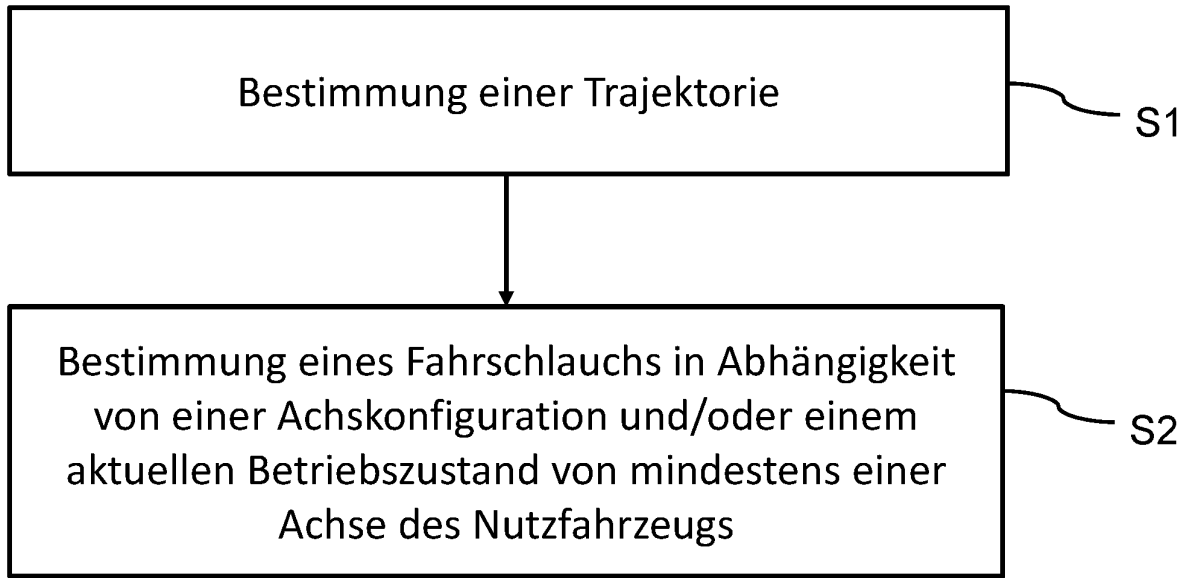


FIG. 1

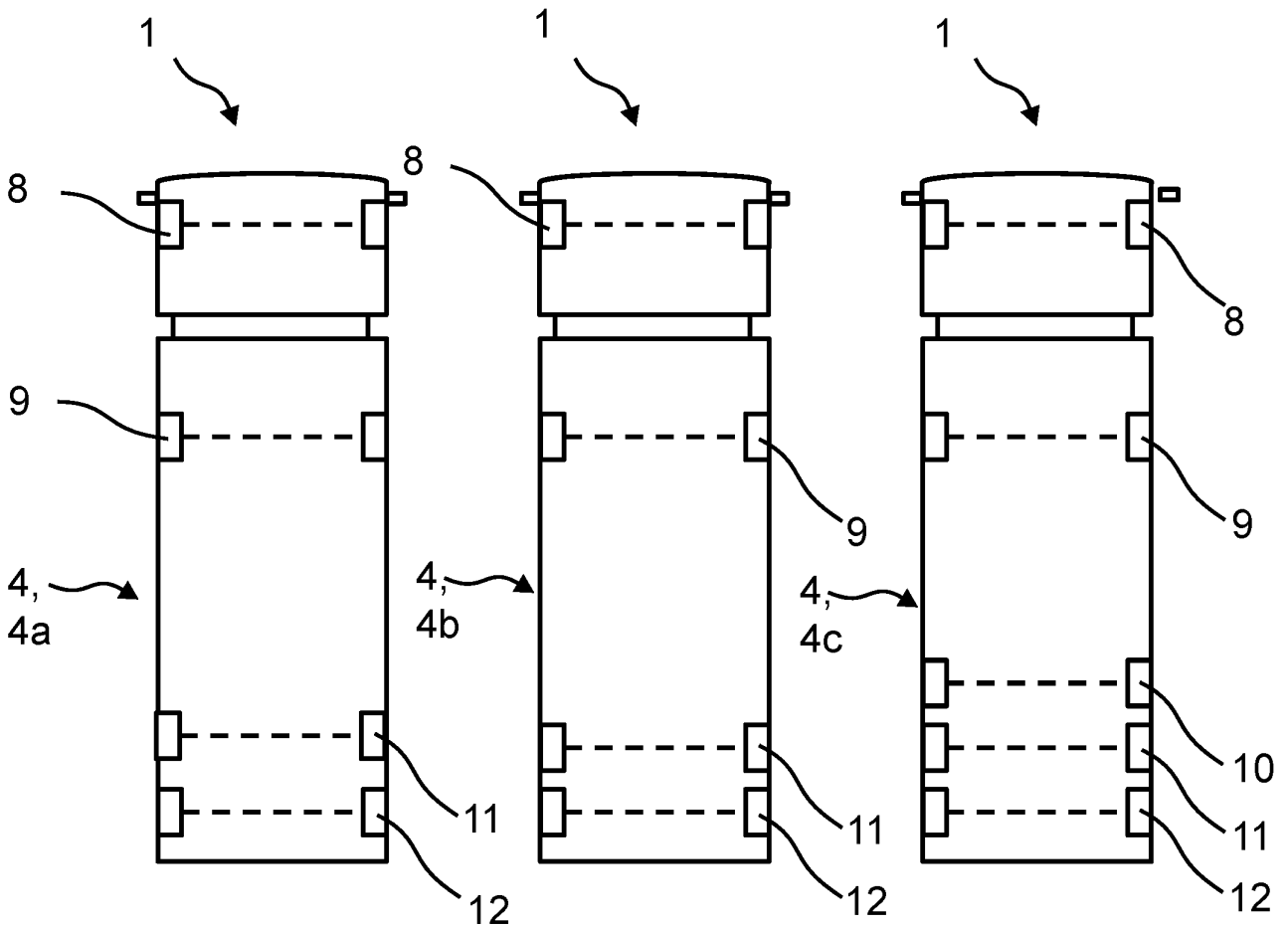


FIG. 2

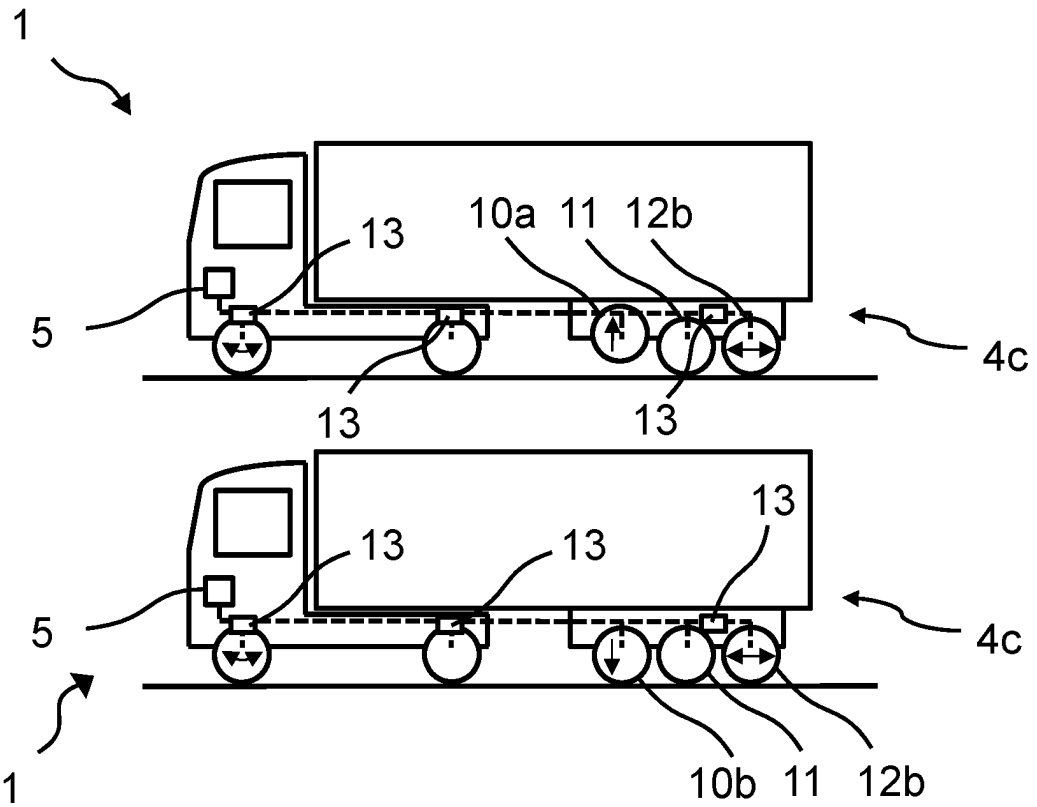


FIG. 3

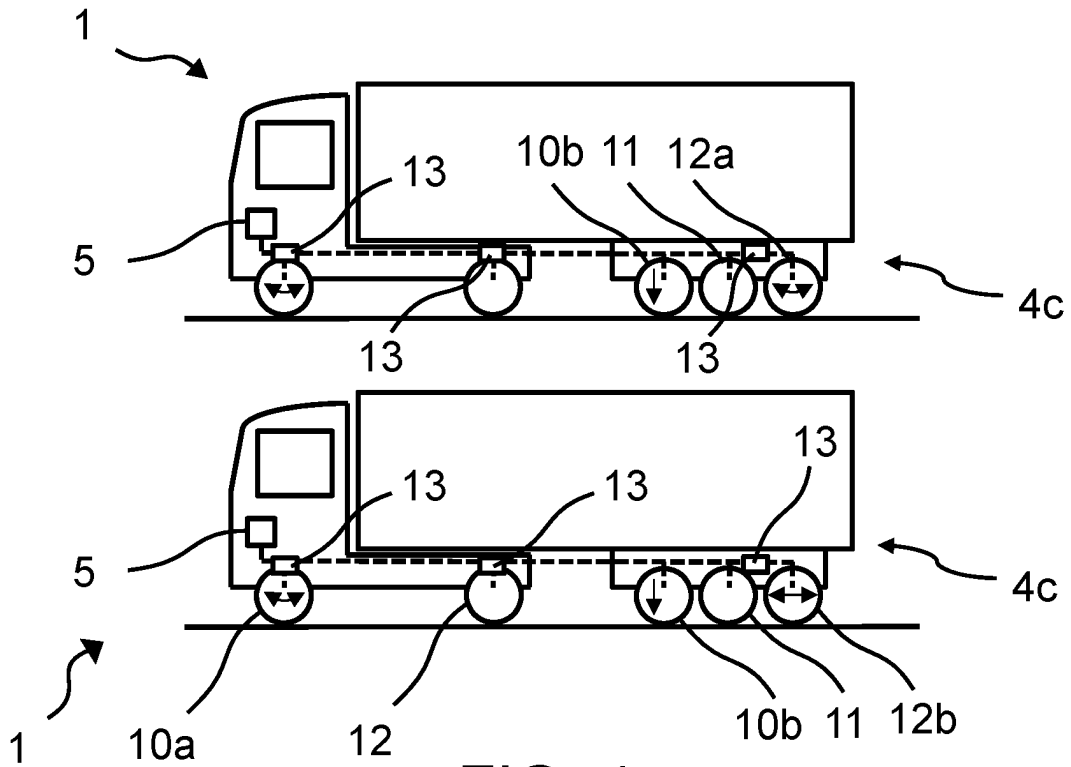


FIG. 4

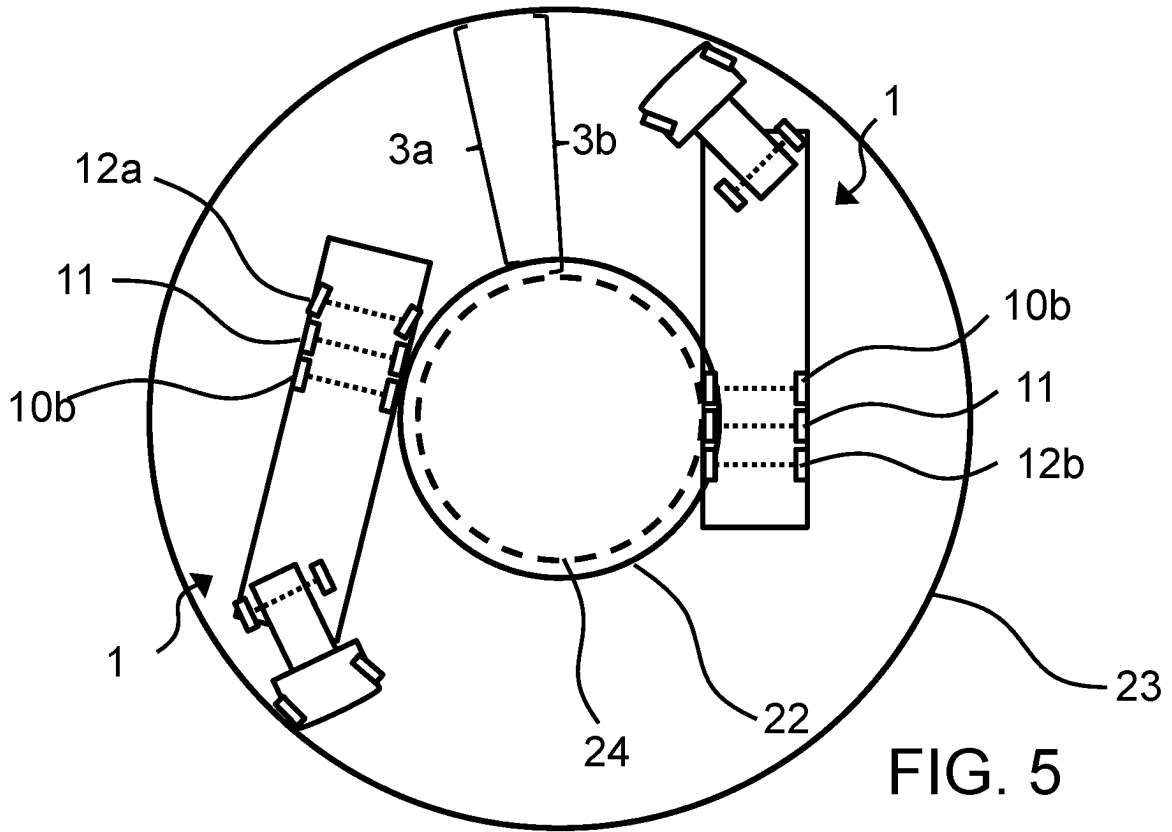


FIG. 5

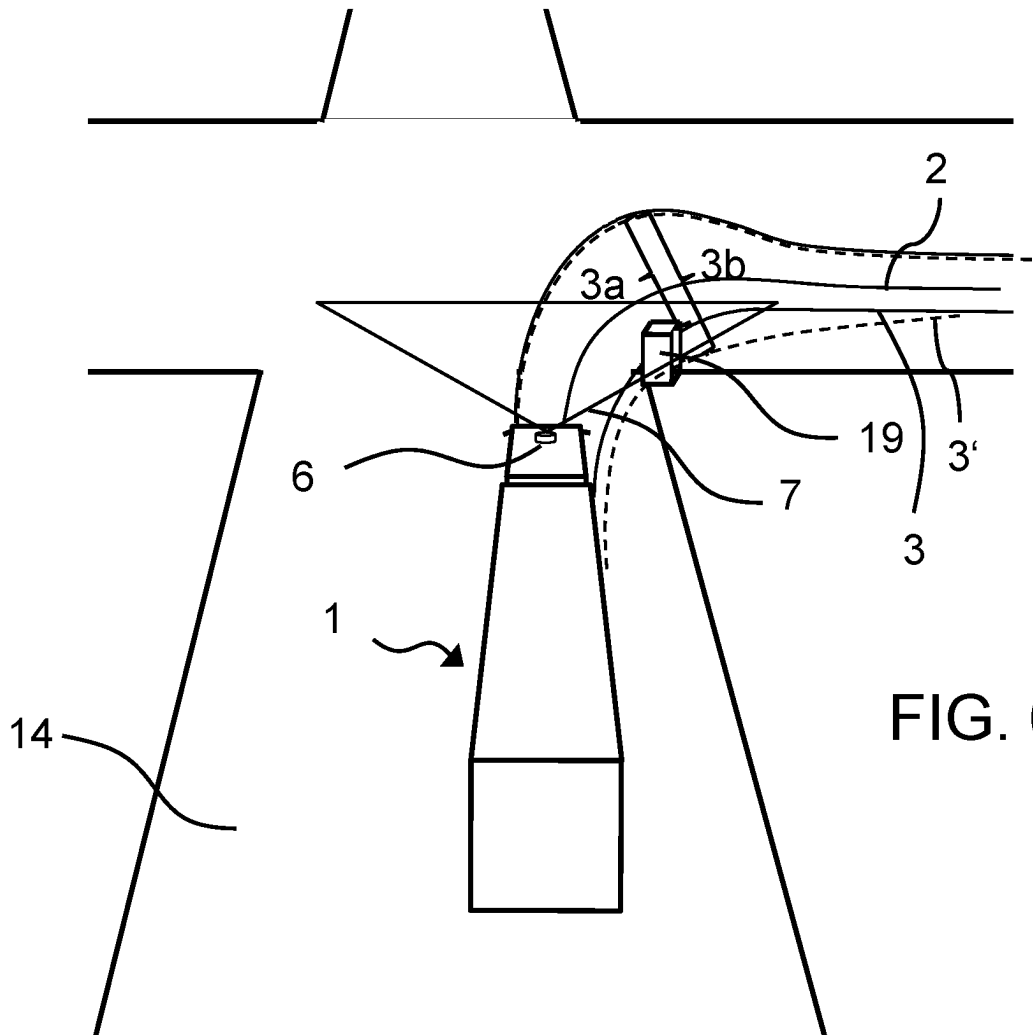


FIG. 6

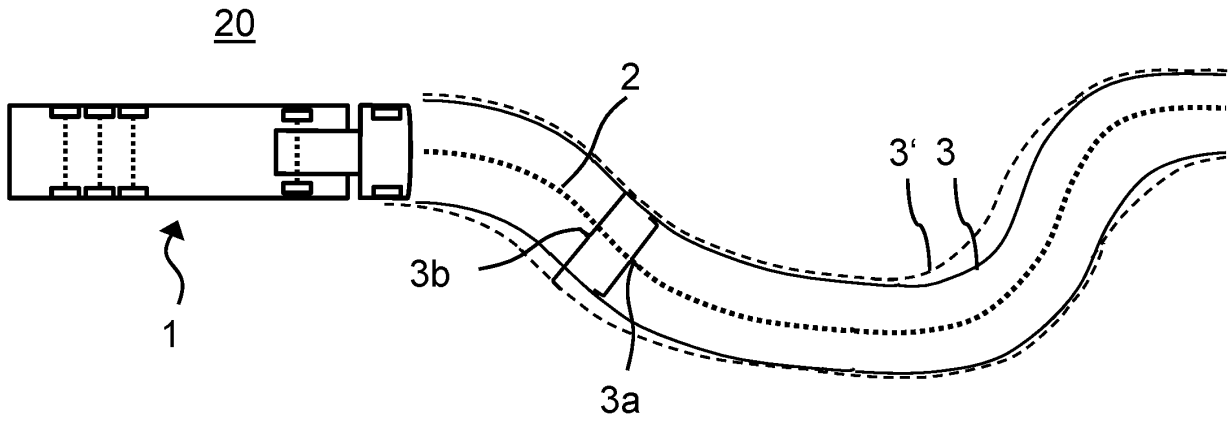


FIG. 7

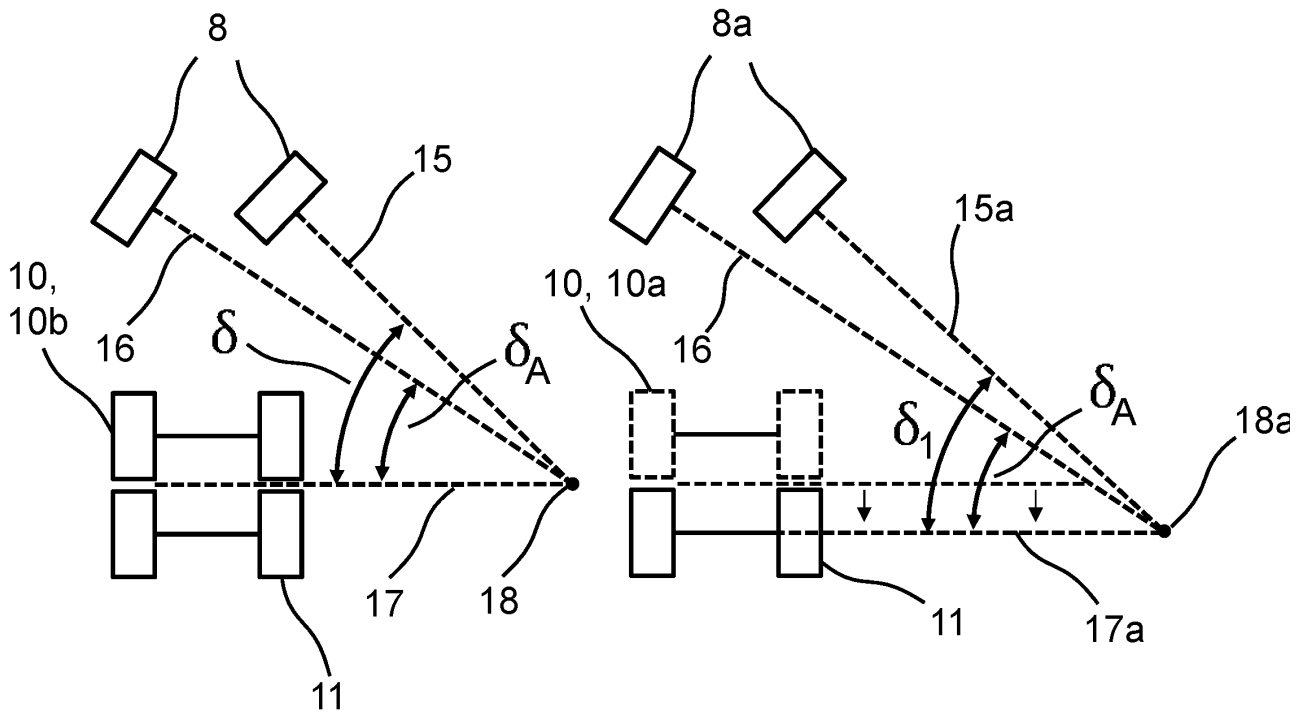


FIG. 8 A

FIG. 8 B

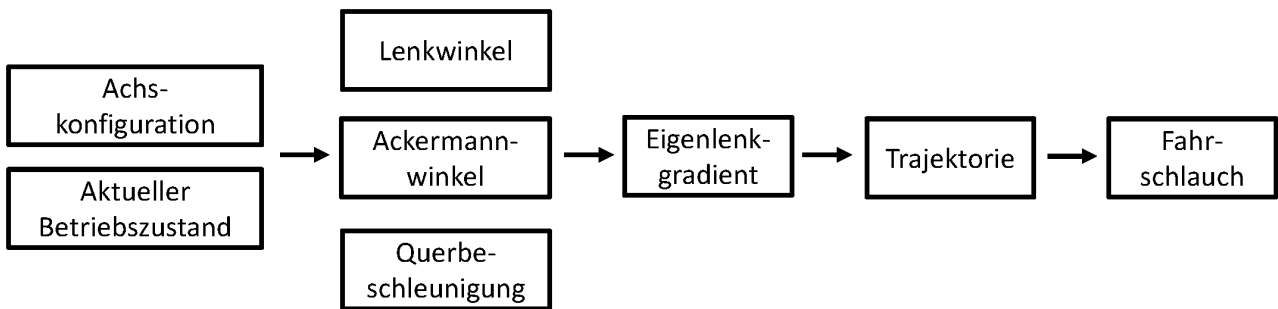


FIG. 9