

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. März 2020 (19.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/052904 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60T 8/17 (2006.01) B60T 8/1755 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/071946

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. August 2019 (15.08.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 122 273.4
12. September 2018 (12.09.2018) DE

(71) Anmelder: WABCO GMBH [DE/DE]; Am Lindener Ha-
fen 21, 30453 Hannover (DE).

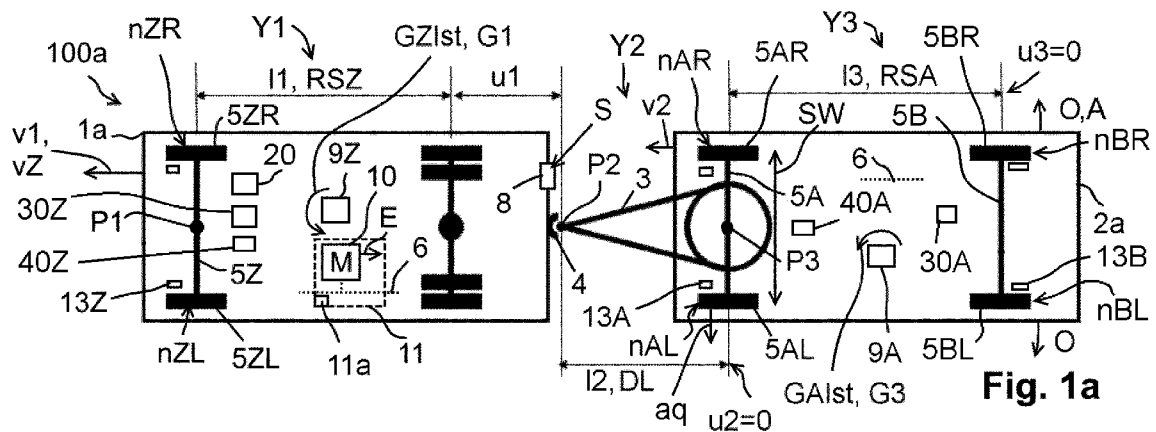
(72) Erfinder: PLÄHN, Klaus; Schusterbrink 2 a, 30926 Seelze
(DE). BIEBER, Benjamin; Am Wedemarkbad 13A, 30900
Wedemark (DE).

(74) Anwalt: SCHILLER, Harald; WABCO GmbH, IP / Intel-
lectual Property, Am Lindener Hafen 21, 30453 Hannover
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING UNSTABLE BEHAVIOUR OF A TRAILER AND METHOD FOR STABILISING A
TRAILER, AND EVALUATION UNIT AND VEHICLE COMBINATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINES INSTABILEN VERHALTENS EINES ANHÄNGERS UND
VERFAHREN ZUM STABILISIEREN EINES ANHÄNGERS SOWIE AUSWERTEEINHEIT UND FAHRZEUG-GESPANN



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining unstable behaviour of a trailer (2a) of an n-membered vehicle combi-
nation (100a). According to the invention: - at least one actual variable (n AL, n AR, n BL, n BR, GA Ist, VA Ist) relating to the driving
dynamics of the trailer (2a) is determined, this variable characterising the actual driving dynamics condition of the trailer (2a) and being
obtained in accordance with a measurement via at least one sensor (9A, 13A) in the trailer (2a); - at least one target variable relating to
the driving dynamics of the trailer (2a) is determined, wherein this results from the actual variables (n ZL, n ZR, GZ Ist, v Z) relating to
the driving dynamics of the towing vehicle (1a) by using a kinematic model in accordance with geometric variables (g K, RSA, RSZ,
DL) of the vehicle combination (100a); and - at least one of the actual variables (GA Ist, VA Ist) relating to the driving dynamics of
the trailer (2a) is compared to the at least one target variable relating to the driving dynamics of the trailer (2a), determined via the
kinematic model (M), and the presence of unstable behaviour (A, O) of the trailer (2a) is indicated if the at least one actual variable
(GA Ist, VA Ist) relating to the driving dynamics of the trailer (2a) differs from the at least one determined target variable relating to the
driving dynamics of the trailer (2a) by a defined reference value.

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines instabilen Verhaltens eines Anhängers (2a) eines N-gliedrigen Fahrzeug-Gespans (100a). Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, dass - mindestens eine fahrdynamische Ist-Kenngröße (n AL, n AR, n BL, n BR, GA_{Ist}, VA_{Ist}) des Anhängers (2a) ermittelt wird, wobei diese den aktuellen fahrdynamischen Zustand des Anhängers (2a) charakterisiert und in Abhängigkeit einer Messung über mindestens einen Sensor (9A, 13A) im Anhänger (2a) folgt; - mindestens eine fahrdynamische Soll-Kenngröße des Anhängers (2a) ermittelt wird, wobei diese aus den fahrdynamischen Ist-Kenngrößen (n ZL, n ZR, GZ_{Ist}, v Z) des Zugfahrzeuges (1a) durch Anwendung eines kinematischen Modells in Abhängigkeit von geometrischen Kenngrößen (g K, RSA, RSZ, DL) des Fahrzeug-Gespans (100a) folgt; und - mindestens eine der fahrdynamischen Ist-Kenngrößen (GA_{Ist}, VA_{Ist}) des Anhängers (2a) mit der mindestens einen über das kinematische Modell (M) ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße des Anhängers (2a) verglichen wird und auf das Vorliegen eines instabilen Verhaltens (A, O) des jeweiligen Anhängers (2a) geschlossen wird, wenn die mindestens eine fahrdynamische Ist-Kenngröße (GA_{Ist}, VA_{Ist}) des jeweiligen Anhängers (2a) von der mindestens einen ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße des jeweiligen Anhängers (2a) um einen festgelegten Referenzwert abweicht.

Verfahren zum Ermitteln eines instabilen Verhaltens eines Anhängers und
Verfahren zum Stabilisieren eines Anhängers sowie Auswerteeinheit und
Fahrzeug-Gespann

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines instabilen Verhaltens eines Anhängers, insbesondere eines Anhängers eines Fahrzeug-Gespans, und ein Verfahren zum Stabilisieren eines Anhängers, eine Auswerteeinheit zur Durchführung des Verfahrens sowie ein Fahrzeug-Gespann mit mindestens einem Anhänger.

Bei einem Fahrzeug-Gespann, insbesondere Nutzfahrzeug-Gespann, kann es in gewissen Fahrsituationen dazu kommen, dass ein ziehendes Fahrzeug bzw. das Zugfahrzeug und/oder das gezogene Fahrzeug bzw. der Anhänger in eine Oszillationsbewegung bzw. Schlingerbewegung versetzt werden oder einmalig seitlich ausbrechen, wodurch kritische Fahrsituationen auftreten können. Derartige Oszillationsbewegungen bzw. ein derartiges seitliches Ausbrechen können beispielsweise während einer Kurvenfahrt, bei Ausweich- bzw. Überholvorgängen, aufgrund von Windbedingungen, oder ähnlichen auftreten. Bewegt sich das Fahrzeug-Gespann zu dem auf einem nassen oder glatten Untergrund können die Oszillationsbewegungen bzw. das Ausbrechen intensiviert werden.

Um auf derartige instabile Fahrsituationen reagieren zu können, sind Assistenzsysteme bekannt, die fahrdynamische Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges auswerten und daraus auf ein Oszillationsverhalten oder ein Ausbrechen des Zugfahrzeuges schließen und entsprechend in das Fahrgeschehen eingreifen bzw. den Fahrer darüber informieren. Informationen über das Oszillationsverhalten bzw. ein seitliches Ausbrechen des Anhängers werden dabei nicht oder nur sehr ungenau berücksichtigt, da die Bewegung

- 2 -

des Anhängers selbst nicht überwacht wird. Es ist allenfalls vorgesehen, ein Anhänger-Bremssystem anzusteuern, um beispielsweise eine Streckbremsung durchzuführen bzw. das komplette Fahrzeug-Gespann abzubremesen und demnach das Oszillationsverhalten zu minimieren oder dem Ausbrechen entgegenzusteuern. Gesteuert werden kann ein derartiger Eingriff über ein Steuergerät eines Stabilitätssystems (ESC) im Zugfahrzeug, das eine Auswerteeinheit zum Überwachen der Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges aufweist.

Nachteilig hierbei ist, dass beim Ermitteln des Oszillationsverhaltens des Fahrzeug-Gespans bzw. des seitlichen Ausbrechens des Anhängers lediglich auf fahrdynamische Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges zurückgegriffen wird. Abweichungen im Fahrverhalten, die beispielsweise aufgrund von unterschiedlichen Beladungen bzw. Gewichtsverhältnissen zwischen Zugfahrzeug und Anhänger auftreten, werden dabei nicht berücksichtigt. Demnach kann beispielsweise die Situation vorliegen, dass das Zugfahrzeug viel schwerer ist als der Anhänger und dass der Anhänger ins Schlingern gerät und somit ein gewisses Oszillationsverhalten des Anhängers vorliegt und/oder dieser einmalig ausbricht. Aufgrund der unterschiedlichen Gewichtsverhältnisse überträgt sich das Oszillationsverhalten bzw. das einmalige Ausbrechen des Anhängers allerdings nicht bzw. nur sehr geringfügig auf das Zugfahrzeug, so dass dies vom Stabilitätssystem unter Umständen gar nicht, zu spät oder in zu geringem Umfang wahrgenommen wird. Dadurch können zum einen Instabilitäten im gesamten Fahrzeug-Gespann auftreten, wenn beispielsweise bei einem zu großen Oszillationsverhalten oder seitlichem Ausbrechen des Anhängers das Zugfahrzeug doch beginnt zu oszillieren oder seitlich auszubrechen, was dann aber sehr bzw. zu spät festgestellt wird. Zum anderen kann ein oszillierender oder seitlich ausbrechender Anhänger auch eine Gefahr für weitere Verkehrsteilnehmer in der Umgebung darstellen, insbesondere wenn dies nicht bemerkt und entsprechend nicht entgegengewirkt wird.

WO 2010/087022 beschreibt dazu eine Stabilitätsregelung, bei der die Zugfahrzeug-Ist-Gierrate als gemessene fahrdynamische Ist-Kenngröße des Zugfahrzeuges mit der Anhänger-Ist-Gierrate als fahrdynamischen Ist-Kenngröße des Anhängers verglichen wird. Weichen diese um einen festgelegten Grenzwert voneinander ab, so werden die Bremsen entsprechend angesteuert, um dieser Abweichung entgegenzuwirken. Nachteilig hierbei ist, dass lediglich eine Überschreitung eines Grenzwertes überwacht wird und nicht der genaue Verlauf bzw. das fahrdynamische Verhalten des Anhängers im Rahmen einer solchen Überschreitung.

Weiterhin ist in US 9,573,589 B2 eine Stabilitätsregelung für ein Fahrzeug-Gespann aus einem ziehenden Fahrzeug bzw. einem Zugfahrzeug und einem gezogenen Fahrzeug bzw. einem Anhänger beschrieben. Dabei ist vorgesehen, über ein nicht näher angegebenes Fahrzeugkombinationsmodell einen Verzögerungsfaktor zu ermitteln, der angibt, nach welcher Zeitverzögerung eine Reaktion des Anhängers aufgrund einer Lenkaktion des Zugfahrzeuges zu erwarten ist. Nach einer Messung der aktuellen Zugfahrzeug-Ist-Gierrate als gemessene fahrdynamische Ist-Kenngröße des Zugfahrzeuges kann über den Verzögerungsfaktor eine Anhänger-Soll-Gierrate bzw. Referenz-Gierrate als fahrdynamische Soll-Kenngröße des Anhängers ermittelt werden, die anhand des Fahrzeugkombinationsmodells angibt, wie der Anhänger auf die Zugfahrzeug-Ist-Gierrate aktuell reagieren sollte. Durch einen Vergleich der Referenz-Gierrate mit einer aktuellen Anhänger-Ist-Gierrate als fahrdynamische Ist-Kenngröße des Anhängers kann darauf geschlossen werden, ob ein Eingriff in die Bremsen und/oder die Lenkung des Anhängers nötig ist, um die Referenz-Gierrate einzuhalten.

Die Steuerung erfolgt dabei für jeden Anhänger separat über ein Steuergerät, das eine Gierraten-Ermittlungseinheit aufweist und in dem das Fahrzeugkombinationsmodell implementiert ist. Somit werden in jedem Anhänger

die Zugfahrzeug-Ist-Gierrate bzw. die Anhänger-Ist-Gierrate sowie der Verzögerungsfaktor in einer Auswerteeinheit verarbeitet, um anschließend die Anhänger-Soll-Gierrate bzw. Referenz-Gierrate zu ermitteln und einzustellen.

Die EP 2 773 544 B1 zeigt ein vergleichbares Verfahren, bei dem statt der Gierrate die Querbeschleunigung als fahrdynamische Kenngröße betrachtet wird. Die Auswertung und Steuerung zur Einhaltung einer Referenz-Querbeschleunigung erfolgt vergleichbar zur US 9,573,589 B2 ebenfalls über einen Verzögerungsfaktor.

Auch in diesem Fall wird bewirkt, dass die Fahrdynamik des Anhängers zeitversetzt an die Fahrdynamik des Zugfahrzeuges angepasst wird, wobei angenommen wird, dass sich der Anhänger auf einen entsprechenden Eingriff in die Fahrdynamik an den Soll-Wert annähert. Wie der zeitliche Verlauf dieser Annäherung ausgestaltet ist und ob aufgrund einer derartigen Annäherung weitere Instabilitäten, z.B. durch eine entstehende Schlingerbewegung oder ein seitliches Ausbrechen, auftreten, wird nicht überwacht. Sich aufschaukelnde Oszillationsbewegungen des Anhängers oder ein seitliches Ausbrechen können dadurch unter Umständen nicht rechtzeitig erkannt werden, da bei jeder beliebigen Abweichung in Richtung des Soll-Wertes geregelt wird.

Nachteilig in den beschriebenen Verfahren ist weiterhin, dass beim Vergleich zwischen dem Ist-Zustand und dem Soll-Zustand die geometrischen Abmessungen bzw. die Art der Kopplung zwischen den Fahrzeugen des Fahrzeug-Gespans nicht ausreichend berücksichtigt werden. Dadurch können die jeweiligen Verfahren nicht in einfacher Weise und ohne eine Anpassung auf jedes beliebige Fahrzeug-Gespann angewandt werden oder müssen bei einem neu zusammengesetzten Fahrzeug-Gespann entsprechend umprogrammiert werden.

Aufgabe der Erfindung ist daher, ein Verfahren anzugeben, mit dem ein instabiler Zustand bzw. ein instabiles Verhalten des Anhängers in einfacher Weise zuverlässig ermittelt werden kann. Weiterhin ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum nachfolgenden Stabilisieren, insbesondere des Anhängers, eine Auswerteeinheit und ein Fahrzeug-Gespann anzugeben, mit der bzw. in dem die Verfahren ausgeführt werden können.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 sowie ein Verfahren, eine Auswerteeinheit und ein Fahrzeug-Gespann nach den weiteren unabhängigen Ansprüchen gelöst. Die Unteransprüche geben bevorzugte Weiterbildungen an.

Erfindungsgemäß ist demnach vorgesehen, dass zunächst mindestens eine fahrdynamische Ist-Kenngröße des Anhängers ermittelt wird, wobei diese den aktuellen fahrdynamischen Zustand des Anhängers charakterisiert und diese in Abhängigkeit einer Messung über mindestens einen Sensor im Anhänger folgt. Die fahrdynamische Ist-Kenngröße folgt hierbei mittelbar oder unmittelbar aus einer Messung im Anhänger. Dabei kann auch eine fahrdynamische Kenngröße in eine andere fahrdynamische Kenngröße umgerechnet werden, um den fahrdynamischen Zustand des Anhängers zu erhalten. Weiterhin wird mindestens eine fahrdynamische Soll-Kenngröße des Anhängers ermittelt, wobei diese aus den fahrdynamischen Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges durch Anwendung eines kinematischen Modells, das die Bewegung des gesamten Fahrzeug-Gespans in Abhängigkeit von geometrischen Kenngrößen des Fahrzeug-Gespans ausgehend vom Zugfahrzeug modelliert, folgt. Abschließend findet ein Vergleichen von mindestens einer der fahrdynamischen Ist-Kenngrößen des jeweiligen Anhängers mit der mindestens einen über das kinematische Modell ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße des jeweiligen Anhängers statt, um eine Abweichung des fahrdynamischen Anhängerverhaltens von dem über das kinematische Modell vorausgesagten Anhängerverhaltens zu ermitteln, wobei auf das Vorlie-

gen eines instabilen Verhaltens des jeweiligen Anhängers geschlossen wird, wenn die mindestens eine fahrdynamische Ist-Kenngröße des jeweiligen Anhängers von der mindestens einen ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße des jeweiligen Anhängers um mehr als einen festgelegten Referenzwert abweicht. Somit wird festgestellt, inwieweit der Ist-Zustand mit dem Soll-Zustand noch übereinstimmt.

Dadurch kann bereits der Vorteil erreicht werden, dass zum Ermitteln eines instabilen Verhaltens auf tatsächlich im Anhänger gemessene Fahrdynamikgrößen zurückgegriffen wird. Demnach können auch Bewegungen des Anhängers erfasst werden, die nicht oder nur geringfügig oder zu spät auf das Zugfahrzeug übertragen werden und demnach durch herkömmliche Systeme, die lediglich die Kinematik des Zugfahrzeuges messen und bewerten, nicht erfasst werden oder nicht oder zu spät erfasst werden können.

Weiterhin wird zum Ermitteln des instabilen Verhaltens auch das Soll-Verhalten des Anhängers berücksichtigt, das in einfacher und zuverlässiger Weise aus dem Ist-Verhalten des Zugfahrzeuges über ein kinematisches Modell folgt. Dazu werden vorteilhafterweise die genauen Abmessungen des Fahrzeug-Gespans, d.h. die geometrischen Kenngrößen, herangezogen, die in einem Fahrzeug-Gespann, dessen Anhänger mit einem elektronischen Bremssystem ausgestattet ist, der über einen eigenen CAN-Bus verfügt, bekannt und über die Anhängerschnittstelle gemäß ISO 11992 auf dem CAN-Bus bereitgestellt sind. Somit kann für das aktuell zusammengestellte Fahrzeug-Gespann der Unterschied zwischen einem zu erwartenden stabilen Fahrzeugzustand des Anhängers und einem tatsächlich vorliegenden Fahrzustand des Anhängers mit guter Genauigkeit erfasst werden.

Somit werden die ohnehin im Fahrzeug z.B. über den CAN-Bus und die Anhängerschnittstelle bereitgestellten Messgrößen bzw. geometrischen Kenngrößen des Fahrzeug-Gespans herangezogen. Dadurch sind keine

weiteren Sensoren nötig und auch eine manuelle Parametrierung beim Zusammenstellen oder Ändern des Fahrzeug-Gespans, insbesondere dem Neuankuppeln eines Anhängers, kann entfallen, da die geometrischen Daten automatisch vom Anhänger (mit elektronischem Bremssystem sowie eigenem CAN-Bus) über die Anhängerschnittstelle auf den CAN-Bus, z.B. über ISO 11992, übertragen und für das kinematische Modell herangezogen werden können. Somit kann das Verfahren in einfacher Weise auf unterschiedliche Gespanne oder auch wechselnde Fahrzeugkonfigurationen angewendet werden, ohne dass dafür Umprogrammierungen nötig sind.

Dem kinematischen Modell liegt dabei die Annahme zugrunde, dass das Fahrzeug-Gespann N-gliedrig ausgeführt ist und eines der Glieder durch das Zugfahrzeug und mindestens ein weiteres Glied durch den Anhänger ausgebildet ist, das von Zugfahrzeug mittelbar über weitere Glieder oder unmittelbar gezogen wird. Mit den geometrischen Kenngrößen kann die Kinematik des gesamten N-gliedrigen Fahrzeug-Gespans über Bewegungsgleichungen ermittelt werden und somit auch ein von der Kinematik des Zugfahrzeuges abhängiger Soll-Zustand für den jeweiligen Anhänger in einfacher Weise extrahiert werden.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist hierbei vorgesehen, dass zum Vergleichen eine zeitaufgelöst ermittelte Differenz zwischen der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße des Anhängers und der mindestens einen fahrdynamischen Soll-Kenngröße des Anhängers gebildet wird. Dadurch kann die Abweichung in einfacher Weise zeitaufgelöst ermittelt und analysiert werden, um auf einen instabilen Zustand zu schließen.

Dabei kann vorzugsweise als mindestens eine fahrdynamische Soll-Kenngröße des Anhängers eine Anhänger-Soll-Gierrate und/oder ein Anhänger-Soll-Spurversatz über das kinematische Modell ermittelt werden und als mindestens eine fahrdynamische Ist-Kenngröße des Anhängers eine Anhä-

nger-Ist-Gierrate und/oder ein Anhänger-Ist-Spurversatz, wobei diese Kenngrößen jeweils in Abhängigkeit einer Messung über Sensoren im Anhänger ermittelt werden können. Damit kann eine Ist-Querdynamik des Anhängers ermittelt werden, aus der in einfacher Weise durch einen Vergleich mit der Soll-Querdynamik ein instabiles Verhalten hergeleitet werden kann. So kann aus einer Gierratenabweichung abgeschätzt werden, ob der Anhänger stärker giert als modelliert und/oder ob sein Spurversatz zum Zugfahrzeug höher ist als erwartet. Aus diesem Verhalten kann unter Berücksichtigung von Referenzwerten in einfacher Weise auf ein instabiles Verhalten geschlossen werden.

Vorzugsweise ist dazu vorgesehen, dass aus einer zeitlich oszillierenden Abweichung der Anhänger-Ist-Gierrate und/oder des Anhänger-Ist-Spurversatzes von der Anhänger-Soll-Gierrate und/oder dem Anhänger-Soll-Spurversatz mit mindestens einer wiederkehrenden Differenz-Gierraten-Amplitude als Referenzwert und/oder einer Differenz-Spurversatz-Amplitude als Referenzwert auf das Vorliegen eines Oszillationsverhaltens des Anhängers als instabiles Verhalten geschlossen wird. Somit wird eine zuzulassende Differenz-Amplitude als Referenzwert festgelegt, die von der jeweiligen fahrdynamischen Ist-Kenngröße im Stabilitätsfall unterschritten wird. Weicht die jeweilige fahrdynamische Ist-Kenngröße jedoch um mehr als diese festgelegte Amplitude als Referenzwert wiederholt, z.B. periodisch, ab, so wird auf ein instabilisierendes Oszillationsverhalten des Anhängers geschlossen.

Durch entsprechende Festlegung der Differenz-Amplitude als Referenzwert können vorteilhafterweise geringe oder vertretbare Oszillationen zugelassen werden, die nicht zwangsläufig zu einer Instabilität führen. Beispielsweise kann unter der Voraussetzung einer Fahrt auf einer Landstraße eine wiederkehrende Abweichung des Anhänger-Ist-Spurversatzes vom Anhänger-Soll-Spurversatz mit einem Maximal-Spurversatz von bis zu 25cm zugelassen werden, wobei bis zu dieser Abweichung eine Gefährdung von

Fahrzeugen im Umfeld vermieden werden kann. Dadurch können geringe Oszillationen z.B. aufgrund von Spurrillen oder aufgrund von Mess- und Rechenungenauigkeiten zugelassen werden. Statt einem maximal zuzulassenden Spurversatz kann in Kenntnis der geometrischen Abmessungen auch ein maximal zuzulassender Knickwinkel festgelegt werden.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung kann außerdem vorgesehen sein, dass aus einer einmaligen Abweichung des Anhänger-Ist-Spurversatzes von dem Anhänger-Soll-Spurversatz mit mindestens einem vorgegebenen Grenz-Differenz-Spurversatz auf ein seitliches Ausbrechen des Anhängers als instabiles Verhalten geschlossen wird. Somit kann aus dem Vergleich zwischen dem Soll-Zustand und dem Ist-Zustand in einfacher Weise auch eine Fahrsituation erkannt werden, in der ein einmaliges seitliches Ausbrechen des Anhängers zu einem instabilen Verhalten führt. Dabei ist der Grenz-Differenz-Spurversatz vorzugsweise größer als die Differenz-Spurversatz-Amplitude, so dass eine klare Unterscheidung zwischen beiden instabilen Fahrsituationen ermöglicht wird. Zudem ist zu erwarten, dass ein seitliches Ausbrechen größere Abweichungen in den Spurversätzen zwischen Zugfahrzeug und Anhänger erfordert, um einen instabilen Zustand zu erreichen.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist weiterhin vorgesehen, dass die Anhänger-Ist-Gierrate in Abhängigkeit von über Raddrehzahlsensoren gemessenen Raddrehzahlen des Anhängers ermittelt werden. Ergänzend oder alternativ kann die Anhänger-Ist-Gierrate in Abhängigkeit einer direkten Messung der Anhänger-Ist-Gierrate über einen Gierratensensor im Anhänger ermittelt werden.

Bei einer Ermittlung über die Raddrehzahlen kann vorteilhafterweise auf die ohnehin im Anhänger vorhandenen Sensoren zurückgegriffen werden, deren Signale bei einem Anhänger mit elektronischem Bremssystem sowie

eigenem CAN-Bus über die Anhängerschnittstelle gemäß ISO 11992 ins Zugfahrzeug auf den CAN-Bus übertragen werden und somit bereitgestellt sind. Aus den Raddrehzahlen lässt sich die Gierrate zuverlässig abschätzen. Um Rechenaufwand zu sparen, kann aber auch auf einen Gierratensensor im Anhänger zurückgegriffen werden, deren Signale ebenfalls über die Anhängerschnittstelle auf den CAN-Bus übertragen werden können.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist außerdem vorgesehen, dass der Anhänger-Ist-Spurversatz aus einem Ist-Gesamtknickwinkel zwischen dem Anhänger und dem Zugfahrzeug folgt. Dabei kann der Ist-Gesamtknickwinkel vorteilhafterweise aus einer Summe aus Ist-Knickwinkeln zwischen den Gliedern des Fahrzeug-Gespans folgen, wobei die Ist-Knickwinkel in Abhängigkeit von über Raddrehzahlsensoren im Anhänger gemessenen Raddrehzahlen des Anhängers und/oder in Abhängigkeit einer direkten Messung der Anhänger-Ist-Gierrate über einen Gierratensensor im Anhänger und in Abhängigkeit der Zugfahrzeug-Ist-Gierrate ermittelt wird. Somit kann auch für diese Ermittlung in einfacher Weise auf ohnehin im Anhänger und im Zugfahrzeug gemessene Ist-Kenngrößen zurückgegriffen werden, so dass darüber eine zuverlässige Ermittlung des Ist-Zustandes des Anhängers erfolgen kann.

Der Anhänger-Soll-Spurversatz folgt dann vorzugsweise aus einem über das kinematische Modell aus den fahrdynamischen Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges modellierten Soll-Gesamtknickwinkels, wobei der Soll-Gesamtknickwinkel aus einer Summe von modellierten Soll-Knickwinkeln zwischen den Gliedern des Fahrzeug-Gespans folgt. Somit kann auch in diesem Fall in einfacher Weise über das kinematische Modell ein Soll-Zustand abgeschätzt werden, um eine fahrdynamische Kenngröße abzuleiten, aus der ein instabiles Verhalten durch den Vergleich zwischen Ist- und Soll-Zustand extrahiert werden kann.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Ermitteln der mindestens einen fahrdynamischen Soll-Kenngröße des Anhängers durch Anwendung des kinematischen Modells und das Vergleichen der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße des jeweiligen Anhängers mit der über das kinematische Modell ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße des jeweiligen Anhängers im Zugfahrzeug stattfindet.

Dadurch kann die Berechnung vorteilhafterweise an einer zentralen Position im Fahrzeug-Gespann stattfinden, an der die benötigten Signale im einfacher Weise bereitgestellt werden können. Dies ist beispielsweise im Steuergerät des Stabilitätssystems des Zugfahrzeuges der Fall, das auf den CAN-Bus zugreifen kann. An diesen werden die relevanten Daten des Anhängers übermittelt, so dass keine aufwändigen Kabelwege oder zusätzliche Steuergeräte im Anhänger bereitzustellen sind. Das Verfahren kann damit ohne viel Aufwand ausgeführt werden, indem im Steuergerät beispielsweise eine erfindungsgemäße Auswerteeinheit ausgebildet wird, die das Steuergerät softwareseitig und/oder hardwareseitig erweitert und die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht. Vom Stabilitätssystem kann dann vorzugsweise in die Fahrdynamik des Fahrzeug-Gespans eingegriffen werden, um einer erkannten Oszillationsbewegung oder einem Ausbrechen zu begegnen, wobei die Mittel dazu bereits vorhanden sind, da ein Stabilitätssystem automatisiert und stabilisierend in das Fahrgeschehen eingreifen kann und/oder in der Lage ist, eine Warnung an den Fahrer auszugeben.

Vorzugsweise ist dazu weiterhin vorgesehen, dass zumindest ein Teil der geometrischen Kenngrößen des Fahrzeug-Gespans über eine Anhängerschnittstelle ins Zugfahrzeug übertragen werden, vorzugsweise gemäß ISO 11992. Dadurch sind auch keine weiteren Anpassungen vorzunehmen, da die relevanten Größen bereits bereitgestellt werden. Die Verarbeitung

dieser bereitgestellten Daten ist durch das erfindungsgemäße Verfahren somit ohne viel Aufwand möglich.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist dazu weiterhin vorgesehen, dass die mindestens eine im Anhänger gemessene fahrdynamische Ist-Kenngröße und/oder zumindest ein Teil der geometrischen Kenngrößen des Fahrzeug-Gespans von der Anhängerschnittstelle an einen CAN-Bus im Zugfahrzeug bereitgestellt werden. Dadurch wird eine einfache Zuführung der relevanten Größen an die Auswerteeinheit ermöglicht, da diese lediglich an den CAN-Bus anzuschließen ist.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass die fahrdynamischen Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges aus einer Messung über Sensoren im Zugfahrzeug folgen. Somit werden die Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges aus denen über das kinematische Modell die Soll-Kenngrößen für den Anhänger folgen auch direkt im Zugfahrzeug gemessen und stehen der Auswerteeinheit somit direkt z.B. über den CAN-Bus zur Verfügung.

Vorzugsweise ist weiterhin vorgesehen, dass als geometrische Kenngrößen des Fahrzeug-Gespans für das kinematische Modell eine Deichsellänge des Anhängers und/oder ein Radstand des Zugfahrzeuges und/oder ein Radstand des Anhängers verwendet werden. Dadurch kann der geometrische Aufbau des Fahrzeug-Gespans in einfacher Weise definiert werden, da diese Größen für die Kinematik des Fahrzeug-Gespans verantwortlich sind und sich die Soll-Größen in Abhängigkeit davon für jedes Fahrzeug-Gespann auch ändern. Durch Rückgriff auf diese zur Verfügung stehenden Größen kann somit eine sehr genaue kinematische Beschreibung des Fahrzeug-Gespans und somit eine genaue Ermittlung des fahrdynamischen Soll-Zustandes des Anhängers erfolgen.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist demnach vorgesehen, dass die durch die fahrdynamischen Ist-Kenngrößen charakterisierte Fahrdynamik des Zugfahrzeuges durch das kinematische Modell auf den jeweiligen Anhänger unter Berücksichtigung der geometrischen Kenngrößen des Fahrzeug-Gespans modelliert wird. Durch die Anwendung des kinematischen Modells wird somit in einfacher und zuverlässiger Weise berechnet, wie die einzelnen Glieder in Abhängigkeit der geometrischen Abmessungen und der Bewegung des Zugfahrzeuges reagieren werden, was eine genaue Ermittlung des Soll-Zustandes für das jeweilige Fahrzeug-Gespann erlaubt.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist dazu vorgesehen, dass die Anwendung des kinematischen Modells ein zeitaufgelöstes sukzessives Lösen von Bewegungsgleichungen für jedes Glied des Fahrzeug-Gespans beinhaltet, wobei jedes Glied einen Zugpunkt aufweist und aneinandergrenzende Glieder über die Zugpunkte drehbar miteinander verbunden sind, wobei über die Bewegungsgleichungen aus der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße des Zugfahrzeuges eine Gierrate des i. Gliedes des Fahrzeug-Gespans abgeschätzt wird, wobei die mindestens eine fahrdynamische Soll-Kenngröße des jeweiligen Anhängers in Abhängigkeit der abgeschätzten Gierrate des i. Gliedes des Fahrzeug-Gespans festgelegt wird. Die Bewegungsgleichungen berücksichtigen somit vorteilhafterweise das fahrdynamische Verhalten jedes einzelnen Gliedes, wobei vorzugsweise auch die Relativbewegung untereinander berücksichtigt wird, um den gesamten Zug und den Einfluss der Glieder untereinander modellieren zu können.

Dazu sind die die Bewegungsgleichungen vorzugsweise abhängig von den geometrischen Kenngrößen. Darüber kann in einfacher Weise die Kinetik des gesamten Zuges berechnet werden, wobei dazu die aktuelle vorliegenden Abmessungen berücksichtigt werden.

Erfindungsgemäß ist weiterhin eine Auswerteeinheit zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, wobei die Auswerteeinheit ausgebildet ist, die geometrischen Kenngrößen sowie die fahrdynamischen Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges wie beschrieben einzulesen und über das kinematische Modell die mindestens eine fahrdynamische Soll-Kenngröße des jeweiligen Anhängers zu ermitteln und mit der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße des Anhängers zu vergleichen, und in Abhängigkeit davon auf ein instabiles Verhalten des jeweiligen Anhängers zu schließen. Somit können die Vorteile des Verfahrens durch die Auswerteeinheit, die vorzugsweise als Software und/oder Hardware in einem Steuergerät des Stabilitätssystems ausgeführt sein kann, gewährleistet werden, die ausgebildet ist, das Verfahren durchzuführen.

Diese Auswerteeinheit ist erfindungsgemäß in einem Fahrzeug-Gespann aus einem Zugfahrzeug und mindestens einem Anhänger installiert, wobei zumindest ein Teil der geometrischen Kenngrößen und die mindestens eine im Anhänger gemessene fahrdynamische Ist-Kenngröße des Anhängers über eine Anhängerschnittstelle vom Anhänger auf die Auswertevorrichtung, die sich vorteilhafterweise im Zugfahrzeug befindet, übertragen werden können zum Ermitteln eines instabilen Verhaltens des Anhängers vom Zugfahrzeug ausgehend.

Erfindungsgemäß ist weiterhin ein Verfahren zum Stabilisieren des Anhängers vorgesehen, wobei mindestens die folgenden Schritte vorgesehen sind:

- Ermitteln eines instabilen Verhaltens des mindestens einen Anhängers in dem oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren, und
- Ansteuern eines Antriebssystems zum Reduzieren des Motormoments und/oder eines Bremssystems und/oder eines Lenksystems im Zugfahrzeug und/oder im Anhänger, wenn ein instabiles Verhalten des mindestens einen Anhängers vorliegt, zum Stabilisieren des Anhängers,

- 15 -

wobei das Ansteuern in Abhängigkeit der ermittelten Abweichung der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße des jeweiligen Anhängers von der mindestens einen ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße des jeweiligen Anhängers erfolgt, und/oder

- Ausgeben eines Warnhinweises an den Fahrer.

Somit kann gezielt auf die tatsächlich vorliegende Abweichung reagiert werden, indem zum entsprechenden Moment automatisiert durch das Stabilitätsregelsystem oder manuell durch den Fahrer bremsend eingegriffen wird, wenn diesem über den Warnhinweis mitgeteilt wird, dass eine Instabilität vorliegt, die er unter Umständen nicht bemerkt, da sich diese nicht auf das Zugfahrzeug fortpflanzt. Dazu kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass das Antriebssystem und/oder das Bremssystem im Zugfahrzeug und/oder im Anhänger derartig angesteuert werden, dass bei einer maximalen Abweichung zwischen dem Ist-Zustand und dem Soll-Zustand eine Bremswirkung erhöht und bei einer minimalen Abweichung eine Bremswirkung reduziert wird. Dadurch können ein Oszillationsverhalten oder einseitiges Ausbrechen des Anhängers gezielt gedämpft werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Figuren näher erläutert.
Es zeigen:

Fig. 1a, 1b, 1c unterschiedliche Ausführungen eines Fahrzeug-Gespanns;

Fig. 2 eine Detailansicht einer Vorderachse eines Anhängers
gemäß den Figuren 1a, 1b; und

Fig. 3 eine Detailansicht eines Fahrzeug-Gespanns mit einem
Deichselanhänger nach Fig. 1a;

Fig. 4 ein zeitlicher Verlauf einer Differenz-Gierate bzw. eines Differenz-Spurversatzes; und

Fig. 5 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In den Figuren 1a, 1b und 1c sind unterschiedliche Ausführungen eines Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c, insbesondere Nutzfahrzeug-Gespans, dargestellt, wobei das jeweilige Fahrzeug-Gespann 100a, 100b, 100c aus einem Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c (ziehendes Fahrzeug) und einem Anhänger 2a, 2b, 2c (gezogenes Fahrzeug) besteht. Das Fahrzeug-Gespann in Fig. 1a und Fig. 1b ist jeweils ein Lastzug 100a, 100b aus einem Lastkraftwagen 1a, 1b als Zugfahrzeug und einem Deichselanhänger 2a bzw. Zentralachsanhänger 2b als Anhänger und in Fig. 1c ein Sattelzug 100c aus einer Sattelzugmaschine 1c als Zugfahrzeug und einem Sattelaufleger 2c als Anhänger.

In den Fig. 1a und 1b ist der Deichselanhänger 2a bzw. Zentralachsanhänger 2b durch eine Deichsel 3 über eine Anhängerkupplung 4 mit dem Lastkraftwagen 1a, 1b verbunden. Die Deichsel 3 mit einer Deichsellänge DL ist bei der Ausführung in Fig. 1a mit einer vorderen Achse 5A des Deichselanhängers 2a über einen Drehschemel fest verbunden, wobei die vordere Achse 5A in einem dritten Zugpunkt P3 drehbar am Deichselanhänger 2a gelagert ist, so dass eine Lenkung des Deichselanhängers 2a ermöglicht wird. In Fig. 1b ist die Deichsel 3 fest mit der nicht-lenkbaren („vorderen“) Achse 5A des Zentralachsanhängers 2b verbunden. In Fig. 1c ist der Sattelaufleger 2c in einem zweiten Zugpunkt P2 über einen Kingpin 7 mit der Sattelzugmaschine 1c in gewohnter Weise schwenkbar verbunden.

Somit wird in den drei dargestellten Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c ein Zug aus N Gliedern Y_i , mit $i = 1, \dots, N$, ausgebildet, wobei in Fig. 1a ein dreigliedriger Zug (Y_1 : Lastkraftwagen 1a – Y_2 : Deichsel 3 mit Dreh-

schemel – Y3: Deichselanhänger 2a) und in den Figuren 1b und 1c ein zweigliedriger Zug (Y1: Lastkraftwagen 1b – Y2: Zentralachsanhänger 2b bzw. Y1: Sattelzugmaschine 1c – Y2: Sattelaufleger 2c) ausgebildet wird. Die Anzahl N der Glieder Y_i eines Fahrzeug-Gespannes 100a, 100b, 100c wird dabei durch eine Anzahl k an Zugpunkten P_i definiert, wobei $i = 1, \dots, k$ und sich der erste Zugpunkt P_1 wie in den Figuren ersichtlich an der vorderen Achse 5Z des jeweiligen Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c befindet. Als Zugpunkte P_i werden hierbei diejenigen Punkte am jeweiligen i -ten Glied Y_i des Fahrzeug-Gespanns 100a, 100b, 100c verstanden, über die das jeweilige i -te Glied Y_i gezogen wird. Für das Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c wird dabei festgelegt, dass dieses an der lenkbaren vorderen Achse 5Z „gezogen“ wird, da die Bewegung des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c durch die Bewegung der lenkbaren vorderen Achse 5Z bestimmt ist.

Grundsätzlich ist es auch möglich, dass ein Fahrzeug-Gespann 100a, 100b, 100c mehr als drei Glieder Y_i ($N > 3$) aufweist, weil das Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c beispielsweise mehr als einen Anhänger 2a, 2b, 2c zieht, z.B. bei Traktor-Gespannen oder bei überlangen LKWs mit mehreren Deichselanhängern 2b, 2c und/oder Dollys oder einem Sattelaufleger 2c mit zusätzlich angehängtem Deichselanhänger 2b, 2c und/oder mit einem Dolly.

Um für derartige N -gliedrige Fahrzeug-Gespanne 100a, 100b, 100c ein instabiles Verhalten IV, beispielsweise ein Oszillationsverhalten O oder ein einseitiges Ausbrechen A, des jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c feststellen zu können, ist vorgesehen, eine fahrdynamische Ist-Kenngröße des jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c zu ermitteln und diese mit einer modellierten bzw. abgeschätzten fahrdynamischen Soll-Kenngröße für den jeweiligen Anhänger 2a, 2b, 2c zu vergleichen. Anhand eines Vergleichsergebnisses E kann auf ein instabiles Verhalten IV, O, A des jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c geschlossen werden. Dies wird wie folgt durchgeführt:

Zunächst werden dazu Signale S zwischen dem Anhänger 2a, 2b, 2c und dem Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c über eine Anhänger-Schnittstelle 8 ausgetauscht. Die Signale S weisen hierbei insbesondere die im jeweiligen Anhänger 2a, 2b, 2c ermittelten fahrdynamischen Ist-Kenngrößen des jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c oder damit zusammenhängende Größen auf.

Als fahrdynamische Ist-Kenngrößen des Anhängers 2a, 2b, 2c werden unter anderem Raddrehzahlen n_{AL} , n_{AR} der Räder 5AL, 5AR der vorderen Achse 5A und/oder Raddrehzahlen n_{BL} , n_{BR} der Räder 5BL, 5BR der hinteren Achse 5B (falls vorhanden) des jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c verstanden. Weiterhin kann als fahrdynamische Ist-Kenngröße des jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c aber auch eine Anhänger-Ist-Gierrate GA_{Ist} verstanden werden, die beispielsweise über einen Gierratensensor 9A im Anhänger 2a, 2b, 2c gemessen werden kann.

Die Anhänger-Ist-Gierrate GA_{Ist} lässt sich aber auch aus den ohnehin über Raddrehzahlsensoren 13A, 13B im Anhänger 2a, 2b, 2c gemessenen und übertragenen Raddrehzahlen n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} des Anhängers 2a, 2b, 2c bestimmen. Dazu wird angenommen, dass die Anhänger-Ist-Gierrate GA_{Ist} unter Berücksichtigung von Korrekturen aus einer Differenz der Raddrehzahlen n_{BL} , n_{BR} der Räder 5BL, 5BR der nicht angetriebenen, ungebremsten hinteren Achse 5B des Deichselanhängers 2a bzw. der Raddrehzahlen n_{AL} , n_{AR} der Räder 5AL, 5AR der nicht angetriebenen, ungebremsten vorderen Achse 5A des Zentralachsanhängers 2b bzw. des Sattelaufhängers 2c folgt, da sich diese Raddrehzahlen n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} bei einem Gieren des Anhängers 2a, 2b, 2c unterscheiden. Aus der Gleichung

$$GA_{Ist} = \frac{2\pi r(n_{AR}, n_{NBR} - n_{AL}, n_{BL})}{SW}$$

folgt in Kenntnis einer Spurweite SW und eines Abrollradius r des jeweiligen Rades 5AR, 5BR, 5AL, 5BL, die Anhänger-Ist-Gierrate GA_{Ist} in erster

Näherung. Zum Ausgleichen eines induzierten Fehlers im Abrollradius r aufgrund einer auf den Anhänger 2a, 2b, 2c wirkenden Querbesehleunigung q_a beim Gieren, kann die Anhänger-Ist-Gierrate GA_{Ist} durch einen linearen querbesehleunigungsabhängigen Term korrigiert werden, so dass sich ergibt:

$$GA_{Ist, korr} = \frac{2\pi r (n_{AR, nNBR} - n_{AL, nBL})}{SW} - C \cdot v_z \cdot a_q$$

mit einer in Fahrversuchen für unterschiedliche Beladungen empirisch oder analytisch ermittelbaren Konstante C , der messbaren Fahrzeug-Geschwindigkeit v_z und der messbaren Querbesehleunigung a_q . Durch eine derartige Ermittlung der Anhänger-Ist-Gierrate GA_{Ist} kann auf einen zusätzlichen Gierratensensor 9A im Anhänger 2a, 2b, 2c verzichtet werden.

Aus den genannten Messgrößen können auch weitere fahrdynamische Ist-Kenngrößen des Anhängers 2a, 2b, 2c ermittelt werden, beispielsweise ein Anhänger-Ist-Spurversatz VA_{Ist} , der den Versatz der Spur des Anhängers 2a, 2b, 2c gegenüber der Spur des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c angibt (s. Fig. 3). Die Spur des Anhängers 2a, 2b, 2c ist dabei beispielsweise durch eine Längsmittelachse 15A des Anhängers 2a, 2b, 2c und die Spur des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c durch eine Längsmittelachse 15Z des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c gegeben. Der Anhänger-Ist-Spurversatz VA_{Ist} lässt sich wie weiter unten beschrieben aus Ist-Knickwinkeln γ_{Ist} ermitteln, die zwischen den einzelnen Gliedern Y_i vorliegen und die aus Gierraten G_i der einzelnen Glieder Y_i folgen.

Die Signalübertragung zwischen dem Anhänger 2a, 2b, 2c und dem Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c kann beispielsweise gemäß der ISO 11992 erfolgen, wenn der jeweilige Anhänger 2a, 2b, 2c ein elektronisches Bremssystem aufweist und mit einem eigenen CAN-Bus ausgestattet ist. Nach der ISO 11992 ist vorgesehen, insbesondere die Raddrehzahlen n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} der vorderen Achse 5A bzw. der hinteren Achse 5B (falls vorhanden) des

jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c oder eine Differenz der Raddrehzahlen n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} einer Achse 5A, 5B über eine Anhängerschnittstelle 8 vom Anhänger 2a, 2b, 2c auf das Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c zu übertragen und somit einem CAN-Bus 6 im Fahrzeug-Gespann 100a, 100b, 100c bereitzustellen. Auch die Raddrehzahlen n_{ZL} , n_{ZR} der lenkbaren vorderen Achse 5Z des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c, die über Raddrehzahlsensoren 13Z im Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c gemessen werden, können über den CAN-Bus 6 zur Verfügung stehen, um daraus eine Zugfahrzeug-Ist-Gierrate GZ_{Ist} als fahrdynamische Ist-Kenngröße des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c zu ermitteln.

Um nun aus den fahrdynamischen Ist-Kenngrößen n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} , GA_{Ist} , VA_{Ist} des Anhängers 2a, 2b, 2c auf ein instabiles Verhalten IV, O, A des Anhängers 2a, 2b, 2c schließen zu können, ist eine Soll-Fahrdynamik für den Anhänger 2a, 2b, 2c abzuschätzen und in Abhängigkeit der fahrdynamischen Ist-Kenngröße n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} , GA_{Ist} , VA_{Ist} des Anhängers 2a, 2b, 2c eine Abweichung zwischen dem Ist-Zustand und dem Soll-Zustand zu erfassen und zu bewerten. Dies erfolgt unter Rückgriff auf fahrdynamische Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c und unter Anwendung eines kinematischen Modells M. Als fahrdynamische Ist-Kenngröße des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c werden insbesondere die Zugfahrzeug-Ist-Gierrate GZ_{Ist} und eine Zugfahrzeug-Geschwindigkeit v_Z verstanden, die aus den Raddrehzahlen n_{ZR} , n_{ZL} der Räder 5ZR, 5ZL des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c wie für den Anhänger 2a, 2b, 2c beschrieben hervorgehen oder aber direkt über einen Gierratensensor 9Z, z.B. des Stabilitätssystems 11 (ESC), im Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c bzw. einen Geschwindigkeitssensor gemessen und über den CAN-Bus 6 bereitgestellt werden.

Mit dem kinematischen Modell M wird aus der aktuellen Fahrdynamik des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c unter Berücksichtigung der Geometrie des jeweiligen Fahrzeug-Gespanns 100a, 100b, 100c abgeschätzt, welche Fahrdynamik für den Anhänger 2a, 2b, 2c zu erwarten ist, wenn ein stabiles Fahr-

verhalten vorliegt. Das Fahrverhalten des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c wird somit durch eine Betrachtung der stabil vorausgesetzten Bewegung (Kinematik) des N-gliedrigen Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c auf den Anhänger 2a, 2b, 2c hochgerechnet. Dies erfolgt mithilfe der folgenden Bewegungsgleichungen B1, B2, B3, für die der Index i von 1 bis zur jeweiligen Anzahl N an Gliedern Y_i des jeweiligen Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c verläuft:

$$\dot{\gamma}_i = \int (G_{i+1} - G_i) dt \quad (B1)$$

$$G_{i+1} = \frac{v_i}{l_{i+1}} \sin(\gamma_i) - G_i \frac{u_i}{l_{i+1}} \cos(\gamma_i) \quad (B2)$$

$$v_{i+1} = v_i \cos(\gamma_i) + G_i u_i \sin(\gamma_i) \quad (B3)$$

In diesen Bewegungsgleichungen B1, B2, B3 bezeichnet γ_i einen in Fig. 2 zwischen dem i. Glied Y_i und dem i + 1. Glied $Y_{(i+1)}$ dargestellten Knickwinkel, G_i die Gierrate des i. Gliedes Y_i , v_i die Geschwindigkeit des i. Gliedes Y_i , l_i einen Abstand zwischen dem Zugpunkt P_i des i. Gliedes Y_i und der nicht-lenkbaren Achse des i. Gliedes Y_i und u_i einen Abstand zwischen der nicht-lenkbaren Achse des i. Gliedes Y_i zum nachfolgenden Zugpunkt $P_{(i+1)}$. Sind zwei nicht-lenkbare Achsen vorgesehen, so ist entsprechend ein effektiver Abstand u_i , l_i anzusetzen, der zwischen diesen beiden Achsen liegt. In der ersten Bewegungsgleichung B1 wird dabei eine Knickwinkelgeschwindigkeit betrachtet, um den Knickwinkel γ_i (s. Fig. 2) zu ermitteln. Die Knickwinkelgeschwindigkeit folgt hierbei unmittelbar aus der Differenz der Gierraten G_i zwischen dem i. Glied Y_i und dem i + 1. Glied $Y_{(i+1)}$ und gibt somit die Relativbewegung zwischen den beiden Gliedern Y_i , $Y_{(i+1)}$ an.

Die genannten Bewegungsgleichungen B1, B2, B3 gelten hierbei für den Soll-Zustand und den Ist-Zustand der einzelnen Glieder Y_i des jeweiligen Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c gleichermaßen. Somit können in Kenntnis der jeweiligen Variablen sowohl Ist-Werte als auch Soll-Werte für den Knickwinkel γ_i und/oder die jeweilige Gierrate G_i berechnet werden.

Der Index i , der sich auf das jeweilige Glied Y_i bezieht, ist in den Ausführungen der Figuren 1a, 1b, 1c folgendermaßen definiert:

- $i = 1$: Y_1 : Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c (alle Ausführungen);
- $i = 2$: Y_2 : Deichsel 3 mit Drehschemel (Fig. 1a), Zentralachsanhänger 2b (Fig. 1b), Sattelaufleger 2c (Fig. 1c),
- $i = 3$ Y_3 : Deichselanhänger 2a (Fig. 1a)

Liegt der nachfolgende Zugpunkt $P(i+1)$ des i . Gliedes Y_i wie in Fig. 1a für die Deichsel 3 mit Drehschemel ($i=2$) dargestellt auf der einzigen Achse (5A) des zweiten Gliedes Y_2 bzw. ist kein nachfolgender dritter Zugpunkt P_3 für das dritte Glied Y_3 vorhanden, so sind die Größen u_2 bzw. u_3 gleich Null. Entsprechend ist in Fig. 1c die Größe u_3 negativ, da der nachfolgende Zugpunkt P_2 des ersten Gliedes Y_1 vor der nicht-lenkbaren Hinterachse des Sattelzuges 1c liegt.

In den o.g. Bewegungsgleichungen B_1 , B_2 , B_3 ist die Gierrate G_1 für das erste Glied Y_1 ($i=1$), d.h. für das jeweilige Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c bekannt bzw. kann wie oben beschrieben mit dem Gierratensensor 9Z im Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c als Zugfahrzeug-Ist-Gierrate G_{Zist} gemessen oder aus den Raddrehzahlen n_{ZR} , n_{ZL} des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c berechnet werden. Weiterhin ist auch die Geschwindigkeit v_1 für das erste Glied Y_1 ($i=1$) durch die jeweilige Zugfahrzeug-Geschwindigkeit v_Z gegeben, die direkt gemessen oder aus den Raddrehzahlen n_{ZR} , n_{ZL} des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c ermittelt werden kann. Diese Größen G_1 bzw. G_{Zist} , v_1 stellen somit in den obigen Formeln Messgrößen dar, die als fahrdynamische Ist-Kenngrößen des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c beispielsweise über den CAN-Bus 6 übertragen werden.

Weiterhin werden über den CAN-Bus 6 aber auch geometrischen Kenngrößen g_K des Fahrzeug-Gespanns 100a, 100b, 100c übertragen, aus

denen für die oben beschriebenen Bewegungsgleichungen B1, B2, B3 die Parameter l_i und u_i ermittelt werden können. Gemäß Fig. 1a ist beispielsweise l_1 der Radstand RSZ des Zugfahrzeuges 1a, l_2 die Deichsellänge DL und l_3 der Radstand RSA des Deichselanhängers 2a. Für den Zentralachsanhänger 2b und den Sattelaufleger 2c gilt dies in entsprechender Weise. All diese Größen werden insbesondere gemäß ISO 11992 vom Anhänger 2a, 2b, 2c über die Anhängerschnittstelle 8 auf den CAN-Bus 6 im Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c übertragen, so dass auf diese geometrischen Kenngrößen gK zurückgegriffen werden kann. Der Radstand RSZ des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c ist hierbei in einem Steuergerät 11a eines Stabilitätssystems 11 (ESC) des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c gespeichert. Die Deichsellänge DL und der Radstand RSA des Deichselanhängers 2a bzw. die Deichsellänge DL des Zentralachsanhängers 2b sowie weitere geometrische Kenngrößen gK des jeweiligen Fahrzeug-Gespanns 100a, 100b, 100c können über die Anhängerschnittstelle 8 vom jeweiligen Anhänger 2a, 2b, 2c bezogen und über den CAN-Bus 6 an eine zentrale Auswerteeinheit 10 im Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c bereitgestellt werden, insofern der Anhänger 2a, 2b, 2c ein elektronisches Bremssystem mit eigenem CAN-Bus aufweist.

Für die Größen u_i gilt in Fig. 1a, dass u_1 gleich dem Abstand der hinteren Achse des Zugfahrzeuges 1a zum zweiten Zugpunkt P2 bzw. zu der Anhängerkupplung 4 ist, u_2 für das „Deichsel-Glied“ 3 Null ist, da der dritte Zugpunkt P3 in der vorderen Achse 5A liegt (s.o.) und u_3 ebenfalls Null ist, da kein vierter Zugpunkt P4 vorhanden ist. Diese Variablen sind für das jeweilige Fahrzeug-Gespann 100a, 100b, 100c allesamt bekannt und können daher unmittelbar für die Berechnung verwendet werden.

Vergleichbar sind die Größen bzw. Abstände l_i und u_i in den Fahrzeug-Gespannen 100b und 100c wie in den Figuren 1b und 1c dargestellt, festgelegt und aus den über den CAN-Bus 6 übertragenen Daten herleitbar.

Somit sind in den obigen Bewegungsgleichungen B1, B2, B3 alle Parameter bekannt, so dass diese für jeden Zeitschritt dt wiederholt berechnet werden können. Dabei wird angenommen, dass zu Beginn einer Fahrt bzw. der Berechnung ein stabiler Zustand vorliegt und somit die initialen Gierraten G_i für $i > 1$, d.h. die Gierraten der angehängten Glieder Y_i mit $i > 1$, gleich der messbaren Gierrate G_1 , GZ1st des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c entsprechen, wobei dazu angenommen wird, dass sich das Fahrzeug-Gespann 100a, 100b, 100c über eine gewisse Strecke bereits stabil mit gewissen Knickwinkeln γ_i zwischen den einzelnen Gliedern Y_i bewegt hat, so dass der Anhänger 2a, 2b, 2c der stabilen Fahrt des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c folgt.

Somit können die Bewegungsgleichungen B1, B2, B3 sukzessive für jeden Zeitschritt dt gelöst und darüber je nach Art des Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c bzw. der Anzahl N der Glieder Y_i im Zug die Gierrate G_i des jeweiligen i . Gliedes Y_i und somit auch des jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c ermittelt werden. In Fig. 1a ist demnach aus den Bewegungsgleichungen B1, B2, B3 die Gierrate G_3 und in den Figuren 1b und 1c jeweils die Gierrate G_2 mit dem jeweiligen geometrischen Kenngrößen u_i , l_i für dieses Fahrzeug-Gespann 100a, 100b, 100c aus der obigen Gleichung zeitaufgelöst ermittelbar.

Diese darüber ermittelten Gierraten G_3 (Fig. 1a) bzw. G_2 (Fig. 1b, 1c) stellen dann modellierte bzw. abgeschätzte Anhänger-Soll-Gierraten G_{ASoll} für den jeweiligen Anhänger 2a, 2b, 2c dar, die das Soll-Verhalten des Anhängers 2a, 2b, 2c unter Annahme einer stabilen Fahrt angeben. Um nun gemäß der ursprünglichen Fragestellung ein instabiles Verhalten IV, z.B. ein Oszillationsverhalten O oder ein einmaliges seitliches Ausbrechen A des Anhängers 2a, 2b, 2c ermitteln zu können, ist der Ist-Zustand mit dem modellierten Soll-Zustand zu vergleichen, was in unterschiedlichen Varianten erfolgen kann:

Um ein Oszillationsverhalten O zu ermitteln kann in einfacher Weise zeitaufgelöst eine Differenz-Gierrate $dG = G_{ASoll} - G_{Alst}$ gebildet werden, die die Abweichung der tatsächlichen Anhängerbewegung von der modellierten Anhängerbewegung angibt. Weist diese Differenz-Gierrate dG wie in Fig. 4 beispielhaft dargestellt ein zeitlich oszillierendes Verhalten auf, so bewegt sich der Anhänger 2a, 2b, 2c relativ zum Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c in einer Oszillationsbewegung, d.h. der Anhänger 2a, 2b, 2c beginnt zu schlingern. Als Vergleichsergebnis E kann somit auf das Vorliegen eines Oszillationsverhaltens O des Anhängers 2a, 2b, 2c geschlossen werden, wenn die oszillierende Differenz-Gierrate dG eine vorbestimmte Differenz-Gierraten-Amplitude dGA wiederkehrend erreicht oder überschreitet, was in Fig. 4 beispielsweise nach dem zweiten Tiefpunkt T angenommen werden kann.

Die vorbestimmte Differenz-Gierraten-Amplitude dGA wird hierbei vorzugsweise derartig gewählt, dass unkritische Oszillationen zugelassen werden. Beispielsweise kann eine Oszillation bzw. eine wiederkehrende maximale Abweichung der Anhänger-Ist-Gierrate G_{Alst} von der modellierten Anhänger-Soll-Gierrate G_{ASoll} zugelassen werden, wenn dadurch ein Anhänger-Ist-Spurversatz VA_{Ist} um nicht mehr als einen Maximal-Spurversatz V_{Max} von z.B. 25cm von einem Anhänger-Soll-Spurversatz VA_{Soll} unter der Annahme einer Fahrt auf einer Landstraße abweicht.

Die Ermittlung der Spurversätze VA_{Ist} , VA_{Soll} wird im Folgenden anhand von Fig. 3 beispielhaft für den Deichselanhänger 2a erläutert. In Fig. 3 wird dabei angenommen, dass sich das Zugfahrzeug 1a entlang seiner Längsmittelachse 15Z geradeaus bewegt, so dass ein Anhänger-Soll-Spurversatz VA_{Soll} , d.h. der zu erwartende Spurversatz für den Anhänger 2a, auf dieser Längsmittelachse 15Z des Zugfahrzeuges 1a liegt. Der Anhänger-Ist-Spurversatz VA_{Ist} lässt sich durch die Gleichung

$$VA_{Ist} = l_3 \times \sin(\gamma_1 I_{st} + \gamma_2 I_{st}) + DL \times \sin(\gamma_1 I_{st})$$

beschreiben, wobei für die Ist-Knickwinkel $\gamma_{1\text{Ist}}$, $\gamma_{2\text{Ist}}$ jeweils die aktuellen Ist-Werte, die wie oben beschrieben aus der ersten Bewegungsgleichung B1 in Abhängigkeit der weiteren fahrdynamischen Ist-Kenngrößen n_{AR} , n_{AL} , n_{BR} , n_{BL} , GA_{Ist} , GZ_{Ist} für die Deichsel 3, den Deichselanhänger 2a sowie das Zugfahrzeug 1a folgen, eingesetzt werden. Die Summe $\gamma_{1\text{Ist}} + \gamma_{2\text{Ist}}$ entspricht hierbei einem Ist-Gesamtknickwinkel Γ_{Ist} zwischen dem Deichselanhänger 2a und dem Zugfahrzeug 1a. Der Anhänger-Soll-Spurversatz VA_{Soll} folgt ebenfalls aus der Formel

$$VA_{\text{Soll}} = l_3 \times \sin(\gamma_{1\text{Soll}} + \gamma_{2\text{Soll}}) + DL \times \sin(\gamma_{1\text{Soll}}),$$

wobei für die Soll-Knickwinkel $\gamma_{1\text{Soll}}$, $\gamma_{2\text{Soll}}$ nun jeweils die modellierten Soll-Werte, die aus der ersten Bewegungsgleichung B1 über das kinematisch Modell M folgen, eingesetzt werden. Die Summe $\gamma_{1\text{Soll}} + \gamma_{2\text{Soll}}$ gibt in dem Fall entsprechend einen Soll-Gesamtknickwinkel Γ_{Soll} zwischen dem Deichselanhänger 2a und dem Zugfahrzeug 1a an, der in dem in Fig. 3 dargestellten Fall einer Geradeausfahrt Null entspricht.

Somit kann über die Festlegung des Maximal-Spurversatzes V_{Max} eine sicherheitsunkritische Oszillation zugelassen bzw. hingenommen werden, die zudem unabhängig von den geometrischen Abmessungen des Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c festgelegt werden kann und durch die eine Gefährdung des umliegenden Verkehrs vermieden wird, da ein seitliches Abweichen von 25cm eines ca. 2,5m breiten Fahrzeug-Gespans bei einer Fahrbahnbreite von z.B. 3m möglich ist, ohne z.B. den entgegenkommenden Verkehr zu beeinträchtigen.

Alternativ kann der Anhänger-Ist-Spurversatz VA_{Ist} als fahrdynamische Ist-Kenngröße des Anhängers 2a, 2b, 2c aber auch direkt zur Ermittlung eines Oszillationsverhaltens O des Anhängers 2a, 2b, 2c herangezogen werden.

Demnach kann der Anhänger-Ist-Spurversatz VA_{Ist} mit dem Anhänger-Soll-Spurversatz VA_{Soll} verglichen werden. Für den Vergleich kann beispielsweise ein Differenz-Spurversatz $dV = VA_{Soll} - VA_{Ist}$ gebildet werden, der die Abweichung des tatsächlichen Spurversatzes vom modellierten Spurversatz angibt. Somit findet auch hier ein Vergleich zwischen einem Ist-Zustand und einem Soll-Zustand statt. Aus einem zeitlich oszillierenden Verlauf (s. Fig. 4) kann auch hier auf ein Oszillationsverhalten O des Deichselanhängers 2a geschlossen werden, wenn der oszillierende Differenz-Spurversatz dV eine Differenz-Spurversatz-Amplitude dVA überschreitet. Diese kann wie bei der Betrachtung der Differenz-Gierraten-Amplitude dVA berücksichtigen, dass eine gewisse Oszillation, beispielsweise mit weniger als einem wiederkehrenden Maximal-Spurversatz V_{Max} des Deichselanhängers 2a von z.B. 25cm zugelassen wird.

Ergänzend oder alternativ kann aus dem Differenz-Spurversatz dV auch ein seitliches Ausbrechen A erkannt werden, wenn beispielsweise einmalig festgestellt wird, dass der Differenz-Spurversatz dV einen Grenz-Differenz-Spurversatz dVG überschreitet. Bei einem derartigen Überschreiten kann davon ausgegangen werden, dass der Anhänger 2a seitlich ausbricht, da ein Zurückkehren zum Anhänger-Soll-Spurversatz VA_{Soll} bei gleichbleibender Fahrdynamik unwahrscheinlich ist.

Somit kann jeweils durch Heranziehen der fahrdynamischen Ist-Kenngrößen des Anhängers 2a, 2b, 2c ein Ist-Zustand definiert werden und dieser mit einem aus der Bewegung des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c modellierten Soll-Zustand verglichen werden. Dies erfolgt über die Bewegungsgleichungen $B1, B2, B3$ in Abhängigkeit einer Relativbewegung zwischen den einzelnen Gliedern Y_i des Zuges, womit das zeitliche Verhalten des Zuges überwacht und daraus auf einen instabilen Zustand geschlossen werden kann.

Grundsätzlich können die obigen Betrachtungen und Bewegungsgleichungen B1, B2, B3 auch in Abhängigkeit der Querbeschleunigung statt der Gierrate durchgeführt werden, worüber sich ebenfalls die Querdynamik des Anhängers 2a, 2b, 2c beschreiben lässt. Allerdings kann aus der Gierrate eine zuverlässigere Aussage über die Stabilität des Anhängers getroffen werden.

Die soeben beschriebenen Berechnungen und Vergleiche können beispielsweise in einer Auswerteeinheit 10 im jeweiligen Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c zentral durchgeführt werden, die Zugriff auf den CAN-Bus 6 hat. Die Auswerteeinheit 10 kann beispielsweise Teil des Steuergerätes 11a des Stabilitätssystems 11 (ESC) im Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c sein, so dass die Funktion des Stabilitätssystems 11 erweitert wird. Dies kann durch eine Hardware und/oder eine Softwareanpassung erfolgen, durch die ein Rückgriff auf die gemäß ISO 11992 über die Anhängerschnittstelle 8 übertragenen Signale S sowie deren zusätzliche Einbeziehung bei der Auswertung gemäß dem oben beschriebenen Verfahren ermöglicht wird. Die Auswerteeinheit 10 wird somit software- und/oder hardwareseitig umgesetzt.

Als Teil des Stabilitätssystems 11 im Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c ist die Auswerteeinheit 10 demnach ausgebildet, die Stabilität des Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c zu bewerten. Dazu werden aus den über den CAN-Bus 6 eingelesenen geometrischen Kenngrößen g_K , RSZ, RSA, DL, ... die Größen bzw. Abstände u_i und l_i ermittelt sowie mit den übermittelten oder ermittelten fahrdynamischen Ist-Kenngrößen n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} , G_{Aist} , V_{Aist} des Anhängers 2a, 2b, 2c und den gemessenen fahrdynamischen Ist-Kenngrößen n_{ZR} , n_{ZL} , G_{Zist} , v_Z des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c über das kinematische Modell M das Vergleichsergebnis E bestimmt, das angibt, ob eine Abweichung des Ist-Zustandes vom Soll-Zustand für den Anhänger 2a, 2b, 2c vorliegt und diese Abweichung zu einem instabilen Verhalten IV, O, A des Anhängers 2a, 2b, 2c führt.

In Abhängigkeit des Vergleichsergebnisses E bzw. des festgestellten Oszillationsverhaltens O oder des seitlichen Ausbrechens A des Anhängers 2a, 2b, 2c kann dann im Rahmen einer Assistenzfunktion eine entsprechende Aktion durchgeführt werden. Dies kann beispielsweise in Form eines Warnsignals W an den Fahrer erfolgen, so dass dieser manuell durch ein Lenkmanöver und/oder ein Bremsmanöver und/oder ein Antriebsmanöver, z.B. Reduzieren des Motormomentes, eingreifen kann. Alternativ oder ergänzend können von der Auswerteeinheit 10 bzw. dem Steuergerät 11a auch automatisierte Steuerbefehle an ein Antriebssystem 20 und/oder ein Bremssystem 30A, 30Z und/oder ein Lenksystem 40A, 40Z des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c und/oder des Anhängers 2a, 2b, 2c ausgegeben werden, so dass automatisiert eingegriffen werden kann, um dem Oszillationsverhalten O bzw. dem seitlichen Ausbrechen A entgegenzuwirken. Das Antriebssystem 20, das Bremssystem 30A, 30Z sowie das Lenksystem 40A, 40Z sind der Übersichtlichkeit halber lediglich für das Fahrzeug-Gespann 100a in Fig. 1a dargestellt. Diese können aber auch in Fig. 1b und Fig. 1c in entsprechender Weise vorgesehen sein.

Der automatisierte Eingriff kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Auswerteeinheit 10 und/oder das Steuergerät 11a das Antriebssystem 20 zum Reduzieren des Motormomentes und/oder das Bremssystem 30A, 30Z zum Bewirken einer Bremsung derartig ansteuern, dass das Fahrzeug-Gespann 100a, 100b, 100c gepulst abgebremst wird. Dadurch kann bei Vorliegen eines Oszillationsverhaltens O eine gepulste Streckbremsung bewirkt werden, durch die der Zug gezielt gestreckt und die Oszillationen somit reduziert werden können. Dabei kann vorgesehen sein, dass der gepulste Bremseneingriff über das Antriebssystem 20 und/oder das Bremssystem 30A, 30Z in Abhängigkeit der aktuell vorliegenden Differenz-Gierrate dG und/oder des Differenz-Spurversatzes dV über eine Regelung erfolgt. Beispielsweise kann eine Bremswirkung BW über das Antriebssystem 20 und/oder das

Bremssystem 30A, 30Z immer dann verstärkt werden, wenn sich die Differenz-Gierate dG und/oder der Differenz-Spurversatz dV einem Hochpunkt H bzw. einem Tiefpunkt T nähern, während eine Reduzierung der Bremswirkung BW über das Antriebssystem 20 und/oder das Bremssystem 30A, 30Z erfolgt, wenn die Differenz-Gierate dG und/oder der Differenz-Spurversatz dV sich einem Nulldurchlauf X annähern. Dadurch kann das Oszillationsverhalten O effizient gedämpft werden. Auch bei einem einseitigen seitlichen Ausbrechen A kann gezielt regelnd eingegriffen werden, wenn sich der Differenz-Spurversatz dV dem vorbestimmten Grenz-Differenz-Spurversatz dVG nähert, um diesem entgegenzuwirken.

Erfindungsgemäß ist gemäß Fig. 3 beispielsweise vorgesehen, nach einem Initialisierungsschritt St0 die fahrdynamischen Ist-Kenngrößen n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} , GA_{Ist} (C, r), VA_{Ist} des Anhängers 2a, 2b, 2c wie oben beschrieben in einem ersten Schritt St1 zeitaufgelöst zu ermitteln, wobei diese den aktuellen fahrdynamischen Zustand des Anhängers 2a, 2b, 2c charakterisieren. Der Anhänger-Ist-Spurversatz VA_{Ist} folgt hierbei aus den gemessenen bzw. ermittelten Ist-Werten der Gierraten G_i für jedes Glied Y_i des Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c sowie den ermittelten Ist-Knickwinkeln γ_{Ist} zwischen den jeweiligen Gliedern Y_i .

Anschließend werden in einem zweiten Schritt St2 die fahrdynamischen Ist-Kenngrößen n_{ZL} , n_{ZR} , GZ_{Ist} , v_Z des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c ermittelt und in einem dritten Schritt St3 aus diesen unter Berücksichtigung des kinematischen Modells M wie beschrieben über die Bewegungsgleichungen B1, B2, B3 eine fahrdynamische Soll-Kenngröße GA_{Soll} , VZ_{Soll} für den Anhänger 2a, 2b, 2c modelliert bzw. ermittelt, wobei dies unter Berücksichtigung der geometrischen Kenngrößen g_K , RSA , RSZ , DL des Fahrzeug-Gespans 100a, 100b, 100c erfolgt, aus denen die Abstände u_i , l_i folgen. Dabei werden aus dem kinematischen Modell M Soll-Werte für die Gierraten G_i und Soll-Knickwinkel γ_{Soll} für die jeweiligen Glieder Y_i ermittelt.

In einem vierten Schritt St4 wird ein Vergleich zwischen der fahrdynamischen Ist-Kenngröße, vorzugsweise der Anhänger-Ist-Gierrate GA_{Ist} und/oder dem Anhänger-Ist-Spurversatz VA_{Ist} , und der fahrdynamischen Soll-Kenngröße, vorzugsweise der Anhänger-Soll-Gierrate GA_{Soll} und/oder dem Anhänger-Soll-Spurversatz VA_{Soll} , durchgeführt, indem z.B. eine Differenz-Gierrate dG bzw. ein Differenz-Spurversatz dV gebildet wird. Dadurch kann die Abweichung zwischen dem vom Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c auf den jeweiligen Anhänger 2a, 2b, 2c modellierten Verhalten und dem tatsächlichen Verhalten des jeweiligen Anhängers 2a, 2b, 2c ermittelt werden. Bei einer zeitlich oszillierenden Abweichung bzw. einer zeitlich oszillierenden Differenz dG , dV mit mindestens einer festgelegten Differenz-Amplitude dVA , dGA wird als Vergleichsergebnis E auf ein Oszillationsverhalten O und bei einem Überschreiten eines Grenz-Differenz-Spurversatzes dVG auf ein seitliches Ausbrechen A des Anhängers 2a, 2b, 2c geschlossen. Die Differenz-Amplituden dVA , dGA können hierbei unter Berücksichtigung eines zuzulassenden Maximal-Spurversatzes V_{Max} zwischen dem Zugfahrzeug 1a, 1b, 1c und dem jeweiligen Anhänger 2a, 2b, 2c festgelegt werden.

Bei jeglichem instabilen Verhalten IV, O, A kann anschließend entsprechend ein Warnhinweis W ausgegeben werden, um einen manuellen Eingriff zu bewirken, und/oder aber automatisiert in den Fahrbetrieb eingegriffen werden, um dem instabilen Verhalten IV, O, A entgegenzuwirken, beispielsweise durch gezieltes Einstellen einer Bremswirkung BW durch Ansteuern des Antriebssystems 20 zum Reduzieren des Motormomentes und/oder des Bremssystems 30A, 30Z zum Bewirken einer Bremsung.

Bezugszeichenliste (Teil der Beschreibung)

1a, 1b	Lastkraftwagen (Zugfahrzeug von 100a, 100b)
1c	Sattelzugmaschine (Zugfahrzeug von 100c)
2a	Deichselanhänger
2b	Zentralachsanhänger
2c	Sattelaufliieger
3	Deichsel mit Drehschemel
4	Anhängerkupplung
5A	vordere Achse des Anhängers
5AL	linkes Rad der vorderen Achse 5A
5AR	rechtes Rad der vorderen Achse 5A
5B	hintere Achse des Anhängers
5BL	linkes Rad der hinteren Achse 5B
5BR	rechtes Rad der hinteren Achse 5B
5Z	vordere Achse des Zugfahrzeuges
5ZL	linkes Rad der vorderen Achse 5Z
5ZR	rechtes Rad der vorderen Achse 5Z
6	CAN-Bus
7	Kingpin
8	Anhängerschnittstelle
9Z	Gierratensensor im Zugfahrzeug
9A	Gierratensensor im Anhänger
10	Auswerteeinheit
11	Stabilitätssystem (ESC)
11a	Steuergerät des Stabilitätssystems
13A, 13B	Raddrehzahlsensoren im Anhänger
13Z	Raddrehzahlsensoren im Zugfahrzeug
15A	Längsmittelachse des Anhängers
15B	Längsmittelachse des Zugfahrzeuges

- 33 -

20	Antrieb
30A	Bremssystem des Anhängers
30Z	Bremssystem des Zugfahrzeuges
40A	Lenksystem des Anhängers
40Z	Lenksystem des Zugfahrzeuges
100a, 100b	Lastzug
100c	Sattelzug
A	seitliches Ausbrechen
aq	Querbeschleunigung
B1	erste Bewegungsgleichung
B2	zweite Bewegungsgleichung
B3	dritte Bewegungsgleichung
BW	Bremswirkung
C	Konstante
dt	Zeitschritt
dGA	Differenz-Gierraten-Amplitude
dG	Differenz-Gierrate
dVA	Differenz-Spurversatz-Amplitude
dV	Differenz-Spurversatz
dVG	Grenz-Differenz-Spurversatz DL Deichsellänge
E	Vergleichsergebnis
F	Amplitude
γ_i	i. Knickwinkel
γ_{Ist}	i. Ist-Knickwinkel
γ_{Soll}	i. Soll-Knickwinkel
Γ_{Ist}	Ist-Gesamtknickwinkel
Γ_{Soll}	Soll-Gesamtknickwinkel
GA _{Ist}	Anhänger-Ist-Gierrate
GA _{Soll}	Anhänger-Soll-Gierrate
GZ _{Ist}	Zugfahrzeug-Ist-Gierrate

- 34 -

Gi	Gierrate des i. Glieds Yi
gK	geometrische Kenngröße
H	Hochpunkt
i	Index
IV	instabiles Verhalten
k	Anzahl an Zugpunkten
li, ui	Abstände
M	kinematisches Modell
N	Anzahl der Glieder Yi
nAL, nAR	Raddrehzahlen an der vorderen Achse 5A des Anhängers
nBL, nBR	Raddrehzahlen an der hinteren Achse 5A des Anhängers nZL, nZR Raddrehzahlen am Zugfahrzeug
O	Oszillationsverhalten
Pi	Zugpunkt i
r	Abrollradius des Rades
RSZ	Radstand des Zugfahrzeuges 1a, 1b, 1c
RSA	Radstand des Anhängers 1a, 1b, 1c
S	Signal
SW	Spurweite
T	Tiefpunkt
vi	Geschwindigkeit des i. Glieds Yi
VAIst	Anhänger-Ist-Spurversatz
VASoll	Anhänger-Soll-Spurversatz
VMax	Maximal-Spurversatz
vZ	Zugfahrzeug-Geschwindigkeit
W	Warnhinweis
X	Nulldurchlauf
Y.i	i. Glied
Y1	erstes Glied
Y2	zweites Glied
Y3	drittes Glied

St0, St1, St2, St3, St4 Schritte des Verfahrens

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln eines instabilen Verhaltens (IV, A, O) eines Anhängers (2a, 2b, 2c) eines Fahrzeug-Gespanns (100a, 100b, 100c), wobei das Fahrzeug-Gespann (100a, 100b, 100c) N-gliedrig ausgeführt ist und eines der Glieder (Y_i , $i=1, \dots, N$) durch ein Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) und mindestens ein weiteres Glied (Y_i) durch den Anhänger (2a, 2b, 2c) ausgebildet ist, wobei das instabile Verhalten (IV, A, O) des Anhängers (2a, 2b, 2c) in Abhängigkeit einer fahrdynamischen Ist-Kenngröße (n_{ZL} , n_{ZR} , GZ_{Ist} , v_Z) des Zugfahrzeuges (1a, 1b, 1c) ermittelt wird, gekennzeichnet durch mindestens die folgenden Schritte:
 - Ermitteln mindestens einer fahrdynamischen Ist-Kenngröße (n_{AL} , n_{AR} , n_{BL} , n_{BR} , GA_{Ist} , VA_{Ist}) des Anhängers (2a, 2b, 2c), wobei diese den aktuellen fahrdynamischen Zustand des Anhängers (2a, 2b, 2c) charakterisiert und in Abhängigkeit einer Messung über mindestens einen Sensor (9A, 13A) im Anhänger (2a, 2b, 2c) folgt (St1);
 - Ermitteln mindestens einer fahrdynamischen Soll-Kenngröße (GA_{Soll} , VA_{Soll}) des Anhängers (2a, 2b, 2c) (St3), wobei diese aus den fahrdynamischen Ist-Kenngrößen (n_{ZL} , n_{ZR} , GZ_{Ist} , v_Z) des Zugfahrzeuges (1a, 1b, 1c) durch Anwendung eines kinematischen Modells (M) in Abhängigkeit von geometrischen Kenngrößen (g_K , RSA , RSZ , DL) des Fahrzeug-Gespanns (100a, 100b, 100c) folgt (St2); und
 - Vergleichen mindestens einer der fahrdynamischen Ist-Kenngrößen (GA_{Ist} , VA_{Ist}) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) mit der mindestens einen über das kinematische Modell (M) ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße (GA_{Soll} , VA_{Soll}) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c), auf das Vorliegen eines instabilen Verhaltens (IV, A, O) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) geschlossen wird, wenn die mindestens eine fahrdynamische Ist-Kenngröße (GA_{Ist} , VA_{Ist}) des jeweiligen Anhängers

(2a, 2b, 2c) von der mindestens einen ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße (GASoll, VASoll) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) um einen festgelegten Referenzwert (dVG, dVA, dGA) abweicht (St4).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Vergleichen eine Differenz (dG, dV) zwischen der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße (GA_{Ist}, VA_{Ist}) des Anhängers (2a, 2b, 2c) und der mindestens einen fahrdynamischen Soll-Kenngröße (GASoll, VASoll) des Anhängers (2a, 2b, 2c) gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als mindestens eine fahrdynamische Soll-Kenngröße des Anhängers (2a, 2b, 2c) eine Anhänger-Soll-Gierrate (GASoll) und/oder ein Anhänger-Soll-Spurversatz (VASoll) über das kinematische Modell (M) ermittelt werden und als mindestens eine fahrdynamische Ist-Kenngröße des Anhängers (2a, 2b, 2c) eine Anhänger-Ist-Gierrate (GA_{Ist}) und/oder ein Anhänger-Ist-Spurversatz (VA_{Ist}) jeweils in Abhängigkeit einer Messung über Sensoren (9A, 13A) im Anhänger (2a, 2b, 2c) ermittelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus einer zeitlich oszillierenden Abweichung der Anhänger-Ist-Gierrate (GA_{Ist}) und/oder des Anhänger-Ist-Spurversatzes (VA_{Ist}) von der Anhänger-Soll-Gierrate (GASoll) und/oder dem Anhänger-Soll-Spurversatz (VASoll) mit mindestens einer wiederkehrenden Differenz-Gierraten-Amplitude (dGA) und/oder einer Differenz-Spurversatz-Amplitude (dVA) auf das Vorliegen eines Oszillationsverhaltens (O) des Anhängers (2a, 2b, 2c) als instabiles Verhalten (IV) geschlossen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Festlegung der Differenz-Gierraten-Amplitude (dGA) und/oder einer Differenz-Spurversatz-Amplitude (dVA) ein zuzulassender Maximal-

Spurversatz (VMax) von insbesondere 25cm berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass aus einem einmalig von dem Anhänger-Soll-Spurversatz (VASoll) mit mindestens einem vorgegebenen Grenz-Differenz-Spurversatz (dVG) abweichenden Anhänger-Ist-Spurversatz (VAIst) auf ein seitliches Ausbrechen (A) des Anhängers (2a, 2b, 2c) als instabiles Verhalten (IV) geschlossen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Anhänger-Ist-Gierrate (GAIst) in Abhängigkeit von über Raddrehzahlsensoren (13A, 13B) im Anhänger (2a, 2b, 2c) gemessenen Raddrehzahlen (nAR, nAL, nBR, nBL) des Anhängers (2a, 2b, 2c) und/oder in Abhängigkeit einer direkten Messung der Anhänger-Ist-Gierrate (GAIst) über einen Gierratensensor (9A) im Anhänger (2a, 2b, 2c) ermittelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die im Anhänger (2a, 2b, 2c) gemessenen Raddrehzahlen (nAR, nAL, nBR, nBL) und/oder die direkt im Anhänger (2a, 2b, 2c) gemessene Anhänger-Ist-Gierrate (GAIst) über eine Anhängerschnittstelle (8) ins Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) übertragen werden, vorzugsweise gemäß ISO 11992, und von der Anhängerschnittstelle (8) an einen CAN-Bus (6) im Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) bereitgestellt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Anhänger-Ist-Spurversatz (VAIst) aus einem Ist-Gesamtknickwinkel (Γ Ist) zwischen dem Anhänger (2a, 2b, 2c) und dem Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) folgt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Ist-Gesamtknickwinkel (Γ_{Ist}) aus einer Summe aus Ist-Knickwinkeln (γ_{Ist}) zwischen den Gliedern (Y_i) des Fahrzeug-Gespanns (100a, 100b, 100c) folgt, wobei die Ist-Knickwinkel (γ_{Ist}) in Abhängigkeit von über Raddrehzahlsensoren (13A, 13B) im Anhänger (2a, 2b, 2c) gemessenen Raddrehzahlen (n_{AR} , n_{AL} , n_{BR} , n_{BL}) des Anhängers (2a, 2b, 2c) und/oder in Abhängigkeit einer direkten Messung der Anhänger-Ist-Gierrate (G_{AIst}) über einen Gierratensensor (9A) im Anhänger (2a, 2b, 2c) und in Abhängigkeit der Zugfahrzeug-Ist-Gierrate (G_{ZIst}) ermittelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Anhänger-Soll-Spurversatz ($VASoll$) aus einem über das kinematische Modell (M) aus den fahrdynamischen Ist-Kenngrößen (n_{ZL} , n_{ZR} , G_{ZIst} , v_Z) des Zugfahrzeuges (1a, 1b, 1c) modellierten Soll-Gesamtknickwinkels (Γ_{Soll}) folgt, wobei der Soll-Gesamtknickwinkel (Γ_{Soll}) aus einer Summe von modellierten Soll-Knickwinkeln (γ_{Ist}) zwischen den Gliedern (Y_i) des Fahrzeug-Gespanns (100a, 100b, 100c) folgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln der mindestens einen fahrdynamischen Soll-Kenngröße ($GASoll$, $VASoll$) des Anhängers (2a, 2b, 2c) durch Anwendung des kinematischen Modells (M) und das Vergleichen der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße (G_{AIst} , V_{AIst}) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) mit der mindestens einen über das kinematische Modell (M) ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße ($GASoll$, $VASoll$) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) im Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) stattfindet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der geometrischen Kenngrößen (gK, RSA, DL) des Fahrzeug-Gespans (100a, 100b, 100c) über eine Anhängerschnittstelle (8) ins Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) übertragen werden, vorzugsweise gemäß ISO 11992, und von der Anhängerschnittstelle (8) an einen CAN-Bus (6) im Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) bereitgestellt werden.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als geometrische Kenngrößen (gK) des Fahrzeug-Gespans (100a, 100b, 100c) für das kinematische Modell (M) eine Deichsellänge (DL) des Anhängers (2a, 2b) und/oder ein Radstand des Zugfahrzeuges (RSZ) und/oder ein Radstand des Anhängers (RSA) verwendet werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die durch die fahrdynamischen Ist-Kenngrößen (nZL, nZR, GZ_{Ist}, vZ) charakterisierte Fahrdynamik des Zugfahrzeuges (1a, 1b, 1c) durch das kinematische Modell (M) auf den jeweiligen Anhänger (2a, 2b, 2c) unter Berücksichtigung der geometrischen Kenngrößen (gK, RSA, RSZ, DL) des Fahrzeug-Gespans (100a, 100b, 100c) modelliert wird.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anwendung des kinematischen Modells (M) ein zeitaufgelöstes (dt) sukzessives Lösen von Bewegungsgleichungen (B1, B2, B3) für jedes Glied (Y_i) des Fahrzeug-Gespans (100a, 100b, 100c) beinhaltet, wobei jedes Glied (Y_i) einen Zugpunkt (P_i; i=1,...,k) aufweist und aneinandergrenzende Glieder (Y_i) über die Zugpunkte (P_i) drehbar miteinander verbunden sind, wobei über die Bewegungsgleichungen (B1, B2, B3) aus der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße (nZL, nZR, GZ_{Ist}, vZ) des

Zugfahrzeuges (1a, 1b, 1c) für jedes Glied (Y_i) des Fahrzeug-Gespans (100a, 100b, 100c) eine Gierrate (G_i) abgeschätzt wird und die mindestens eine fahrdynamische Soll-Kenngröße ($GASoll$, $VASoll$) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) in Abhängigkeit der abgeschätzten Gierraten (G_i) der Glieder (Y_i) des Fahrzeug-Gespans (100a, 100b, 100c) festgelegt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsgleichungen (B_1 , B_2 , B_3) abhängig sind von den geometrischen Kenngrößen (gK , RSA , RSZ , DL).
18. Auswerteeinheit (10) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (10) ausgebildet ist, die geometrischen Kenngrößen (gK , RSA , RSZ , DL) sowie die fahrdynamischen Ist-Kenngrößen (nZL , nZR , $GZist$, vZ) des Zugfahrzeuges (1a, 1b, 1c) einzulesen und über das kinematische Modell (M) die mindestens eine fahrdynamische Soll-Kenngröße ($GASoll$, $VASoll$) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) zu ermitteln und mit der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße ($GAist$, $VAist$) des Anhängers (2a, 2b, 2c) zu vergleichen, und in Abhängigkeit davon auf ein instabiles Verhalten (IV , O , A) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) zu schließen.
19. Auswerteeinheit (10) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (10) im Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) angeordnet ist, vorzugsweise in einem Steuergerät (11a) eines Stabilitätssystems (11).
20. Fahrzeug-Gespann (100a, 100b, 100c) aus einem Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) und mindestens einem Anhänger (2a, 2b, 2c) mit einer Auswertevorrichtung (10) nach Anspruch 18 oder 19.

21. Fahrzeug-Gespann (100a, 100b, 100c) nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der geometrischen Kenngrößen (gK, RSA, DL) und mindestens eine im Anhänger (2a, 2b, 2c) gemessene fahrdynamische Ist-Kenngröße (nAL, nAR, nBL, nBR, GAlst) des Anhängers (2a, 2b, 2c) über eine Anhängerschnittstelle (8) vom Anhänger (2a, 2b, 2c) auf die Auswertevorrichtung (10) im Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) übertragen werden können zum Ermitteln eines instabilen Verhaltens (IV, O, A) des Anhängers (2a, 2b, 2c) vom Zugfahrzeug (1) ausgehend.

22. Verfahren zum Stabilisieren eines Anhängers (2a, 2b, 2c) eines N-gliedrigen Fahrzeug-Gespans (100a, 100b, 100c), insbesondere gemäß der Ansprüche 20 oder 21, aus einem Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) und mindestens einem Anhänger (2a, 2b, 2c), mit mindestens den folgenden Schritten:

- Ermitteln eines instabilen Verhaltens (IV, A, O) des mindestens einen Anhängers (2a, 2b, 2c) in einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, und
- Ansteuern eines Antriebssystems (20) und/oder eines Bremssystems (30A, 30Z) und/oder eines Lenksystems (40A, 40B) im Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) und/oder im Anhänger (2a, 2b, 2c), wenn ein instabiles Verhalten (IV, A, O) des mindestens einen Anhängers (2a, 2b, 2c) vorliegt, zum Stabilisieren des Anhängers (2a, 2b, 2c), wobei das Ansteuern in Abhängigkeit der ermittelten Abweichung (dG, dV) der mindestens einen fahrdynamischen Ist-Kenngröße (GAlst, VAlst) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) von der mindestens einen ermittelten fahrdynamischen Soll-Kenngröße (GASoll, VASoll) des jeweiligen Anhängers (2a, 2b, 2c) erfolgt, oder
- Ausgeben eines Warnhinweises (W) an den Fahrer zum Bewirken eines manuellen Eingriffs über das Antriebssystem (20) und/oder das Bremssystem (30A, 30Z) und/oder das Lenksystem (40A, 40B) im

Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) und/oder im Anhänger (2a, 2b, 2c).

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Antriebssystem (20) und/oder das Bremssystem (30A, 30Z) im Zugfahrzeug (1a, 1b, 1c) und/oder im Anhänger (2a, 2b, 2c) derartig angesteuert werden, dass bei einer maximalen Abweichung (H, T) der fahrdynamischen Ist-Kenngröße (GA_{Ist}, VA_{Ist}) von der fahrdynamischen Soll-Kenngröße (GA_{Soll}, VA_{Soll}) eine Bremswirkung (BW) erhöht und bei einer minimalen Abweichung (X) eine Bremswirkung (BW) reduziert wird.

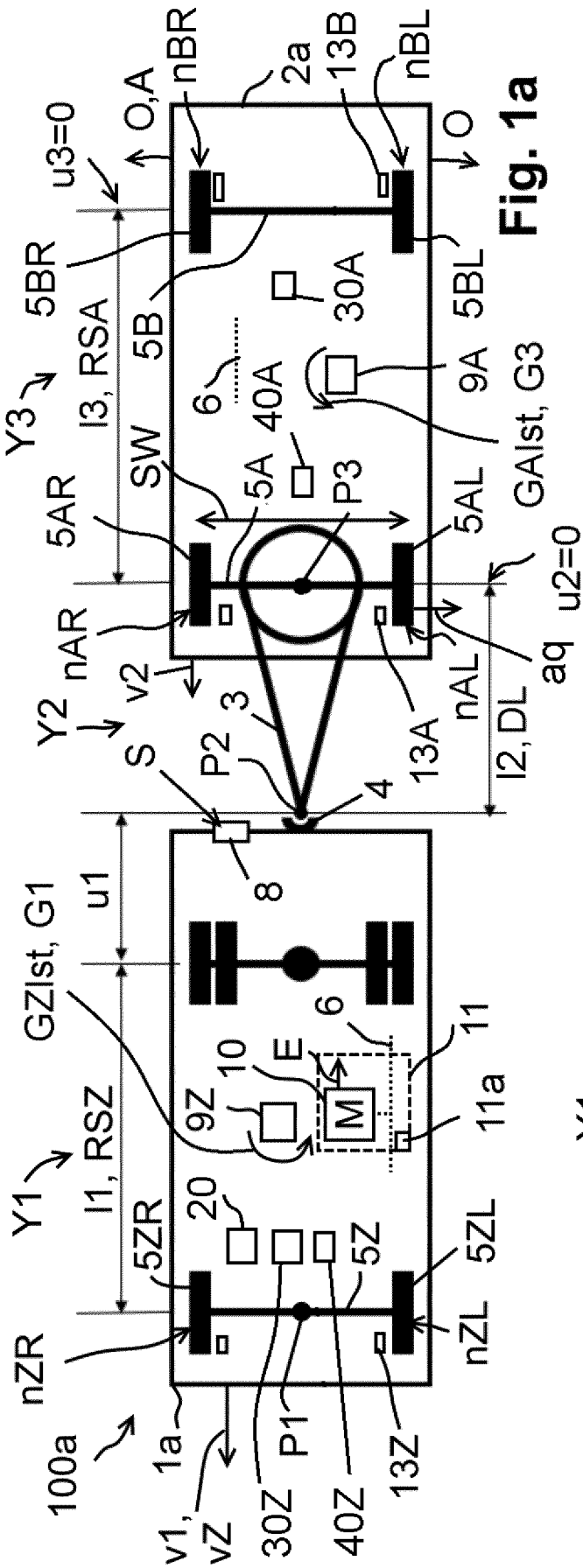


Fig. 1a

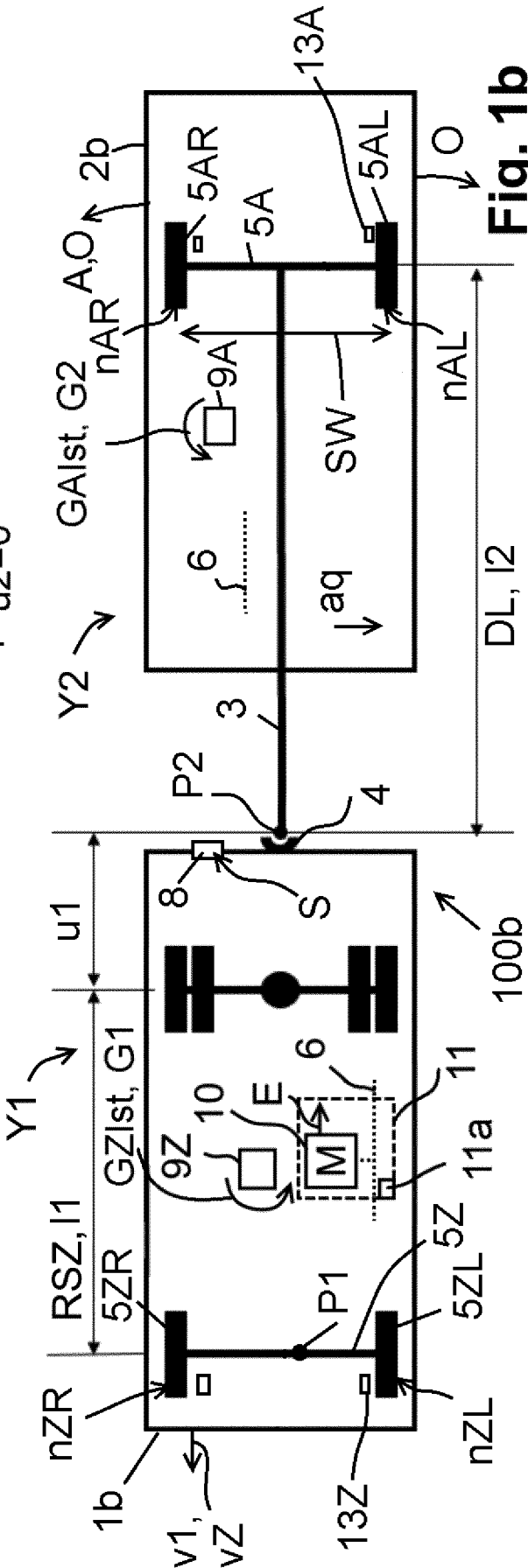
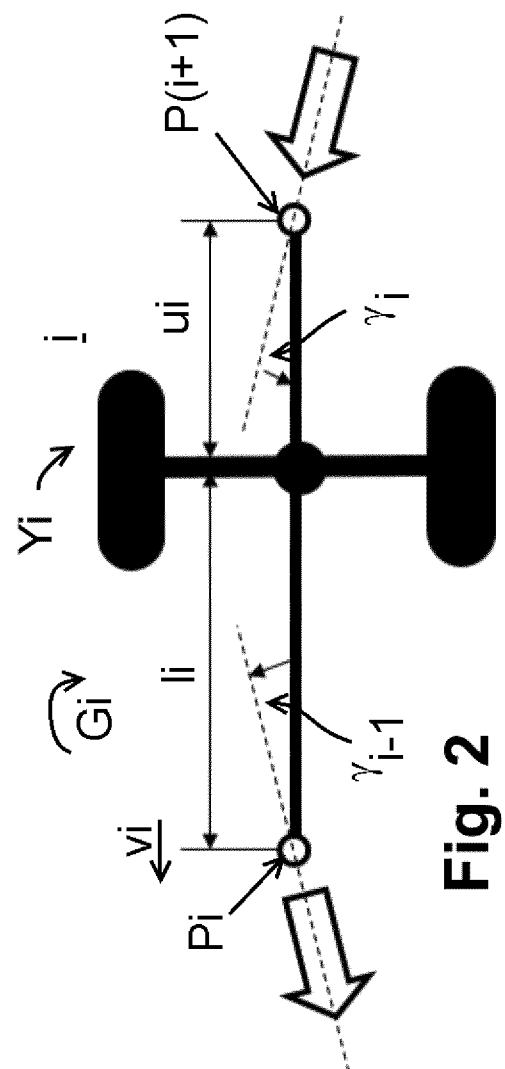
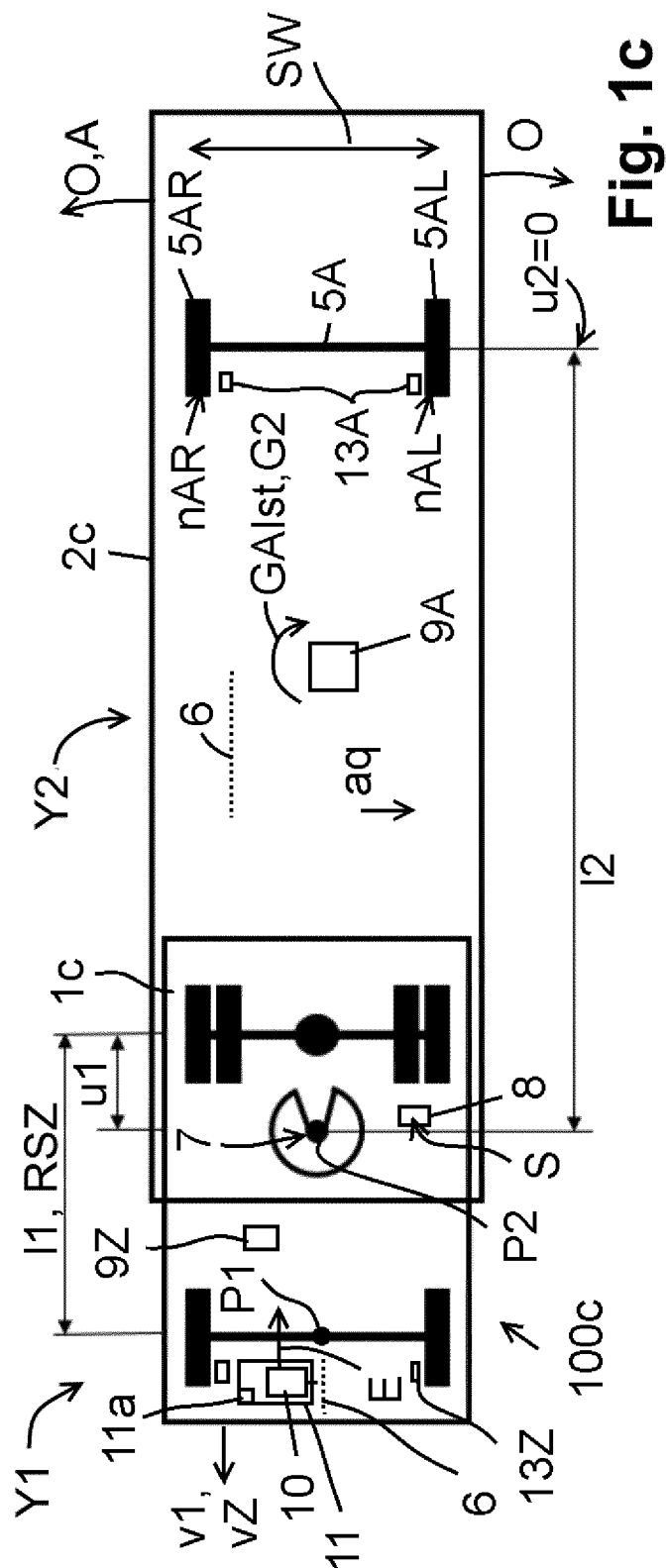


Fig. 1b



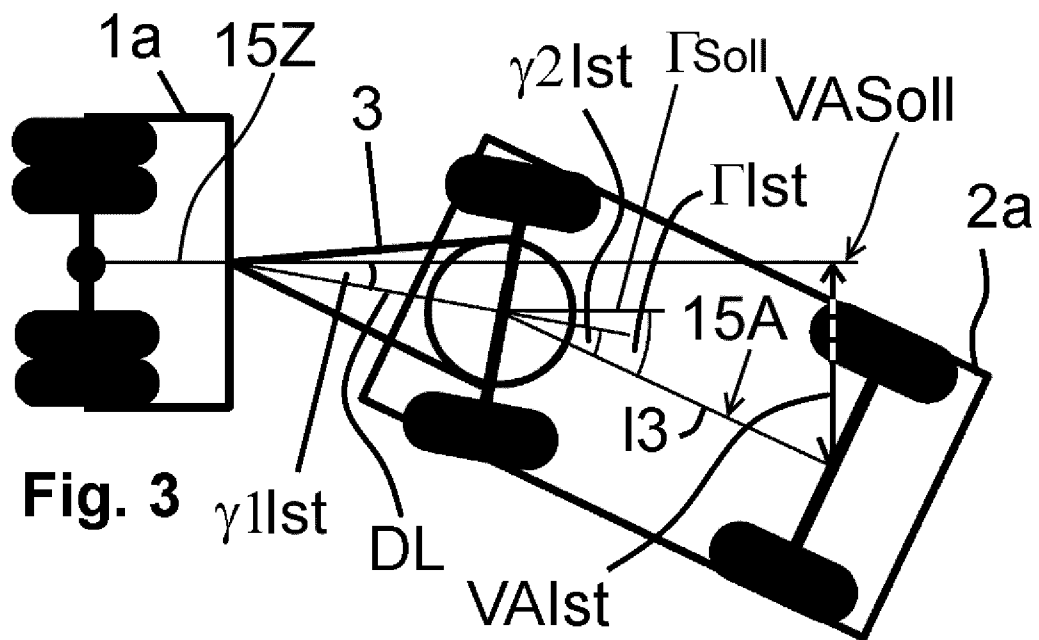


Fig. 3

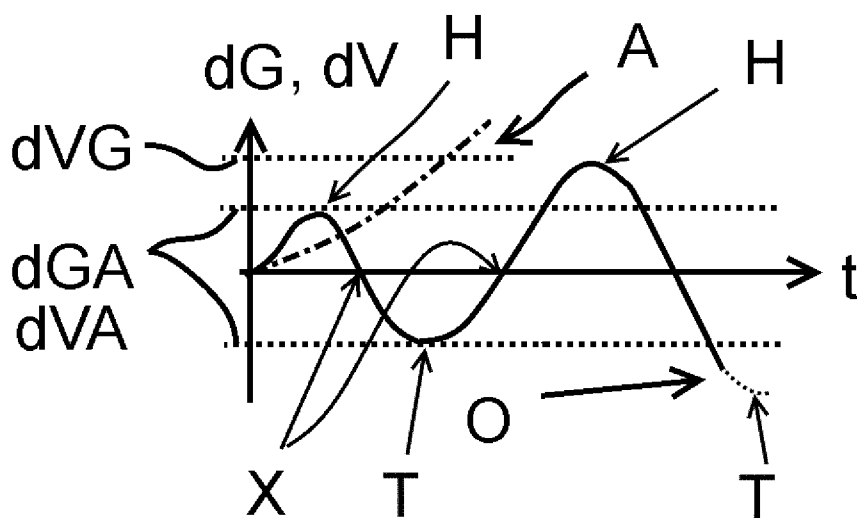


Fig. 4

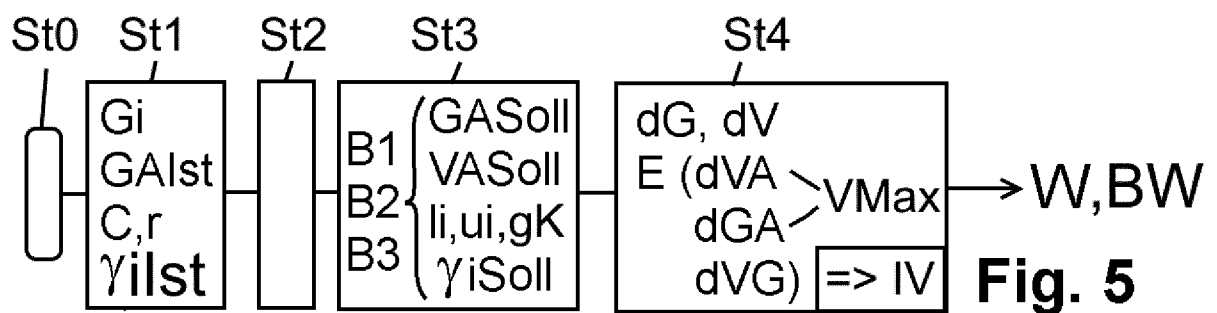


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/071946

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B60T 8/17**(2006.01)i; **B60T 8/1755**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102016105916 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 06 October 2016 (2016-10-06)	1-3,6-22
Y	paragraph [0041] - paragraph [0048]	4,5
A	claims 1-20	23
	figures 1,2,7	
Y	EP 3034373 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 22 June 2016 (2016-06-22)	4,5
	paragraph [0040]	
	paragraph [0050] - paragraph [0052]	
A	US 2014218506 A1 (TROMBLEY ROGER ARNOLD [US] ET AL) 07 August 2014 (2014-08-07)	1-23
	figures 24-40	
A	US 2014005918 A1 (QIANG LIU [US]) 02 January 2014 (2014-01-02)	1-23
	figures 1-8	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 October 2019

Date of mailing of the international search report

28 October 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Colonna, Massimo

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/071946

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102016105916	A1	06 October 2016	DE	102016105916	A1	06 October 2016
				US	2016288786	A1	06 October 2016
				US	2017174209	A1	22 June 2017
EP	3034373	A1	22 June 2016	CN	105492288	A	13 April 2016
				EP	3034373	A1	22 June 2016
				JP	6069148	B2	01 February 2017
				JP	2015058832	A	30 March 2015
				US	2016229394	A1	11 August 2016
				WO	2015041042	A1	26 March 2015
US	2014218506	A1	07 August 2014	NONE			
US	2014005918	A1	02 January 2014	AR	091608	A1	18 February 2015
				AU	2013206590	A1	16 January 2014
				BR	102013016854	A2	26 January 2016
				CA	2818521	A1	29 December 2013
				US	2014005918	A1	02 January 2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B60T8/17 B60T8/1755
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B60T

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2016 105916 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 6. Oktober 2016 (2016-10-06)	1-3,6-22
Y	Absatz [0041] - Absatz [0048]	4,5
A	Ansprüche 1-20	23
	Abbildungen 1,2,7	

Y	EP 3 034 373 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP])	4,5
	22. Juni 2016 (2016-06-22)	
	Absatz [0040]	
	Absatz [0050] - Absatz [0052]	

A	US 2014/218506 A1 (TROMBLEY ROGER ARNOLD [US] ET AL) 7. August 2014 (2014-08-07)	1-23
	Abbildungen 24-40	

A	US 2014/005918 A1 (QIANG LIU [US])	1-23
	2. Januar 2014 (2014-01-02)	
	Abbildungen 1-8	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Oktober 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/10/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Colonna, Massimo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/071946

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102016105916 A1	06-10-2016	DE 102016105916 A1	06-10-2016
		US 2016288786 A1	06-10-2016
		US 2017174209 A1	22-06-2017

EP 3034373 A1	22-06-2016	CN 105492288 A	13-04-2016
		EP 3034373 A1	22-06-2016
		JP 6069148 B2	01-02-2017
		JP 2015058832 A	30-03-2015
		US 2016229394 A1	11-08-2016
		WO 2015041042 A1	26-03-2015

US 2014218506 A1	07-08-2014	KEINE	

US 2014005918 A1	02-01-2014	AR 091608 A1	18-02-2015
		AU 2013206590 A1	16-01-2014
		BR 102013016854 A2	26-01-2016
		CA 2818521 A1	29-12-2013
		US 2014005918 A1	02-01-2014
